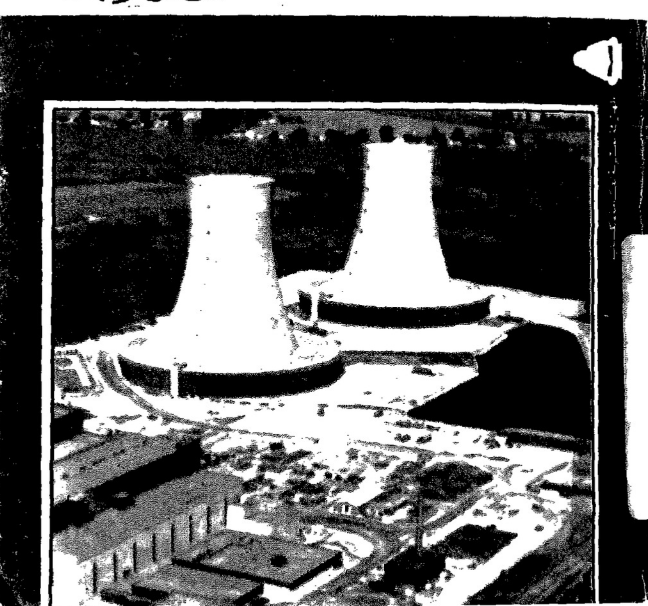
تبسيط العلوم

السلامة الإشعاعية و حوادث المحطات النووية

د . محمد احمد محمود جمعه

١



تبسيط العلوم

السلامة الإشعاعية وحوادث المحطات النووية

د. محمد أحمد محمود جمعه

نائب رئيس الجمعية الدولية لفيزياء الإشعاع للشرق الأوسط وأفريقيا



الهيئة المصرية العامة للكتاب

١٩٨٧

مقـــدمة

خلال الربع الثانى من عام ١٩٨٦ حـــدث حريق بمفاعل تشيرنوبل الروسى وانطلقت سحابة اشـــعاعية وصلت الى السويد حيث تم اكتشافها خلال أقل من يومين على بعد ١٣٠٠ كيلو متر ٠

وخلال الشهر الأول بعد الحادثة كثر اســتخدام الفاظ ومصطلحات لوحدات الاشعاع ومنها وحدات الكورى ــ البكريل ــ الريم والملى ريم والرونتجون والملى رونتجون والرونتجون لكل ساعة ٠

كما أدت هذه الحادثة الى التفكير فى الغاء البرنامج النووى المصرى ، وكذلك الى تشكيل لجنـــة للطـوارىء الاشعاعية بمصر ولجان عربية اخرى لمتابعة الرصـــد الاشعاعى فى الهواء والماء والسلسلة الغذائية ٠

وخلال الاسبوع الاخير من شهر مايو من نفس العام

حدث ما يعرف بحادثة وحدة الكوبالت ـ ٦٠ المشع بجامعة القاهرة ٠

وخلال الاسبوع الاول من شهر يوليو من نفس العام ذكر بالجرائد اليومية عن وضع قواعد وضوابط خاصة بمرور السفن النووية بالممرات الدولية (قناة السويس) ٠

لهذا اخترت سلسلة تبسيط العلوم لتعريف القارىء بالمعلومات الاساسية اللازمة عن الاشعاع (ووحدة النشاط الاشعاعى الكورى وعن تفاعل الاشعاع) مع المواد وطرق الوقاية من الاشعاع والسلامة الاشعاعية وانواع التعرضات مع ذكر لبعض المصادر الاشعاعية ٠ ولكى نتكلم عن حوادث المحطات النووية كان لابد من ذكر شيء عن ادارة الطاقة الذرية المصرية ثم عن محطات القوى الكهربائية لتوليد الكهرباء ـ فحادثة مفاعل جزيرة الثلاثة أميال الامريكية وحادثة حريق مفاعل تشير نوبل الروسى. وأخيرا تلخيص لحادثة وحدة الكوبالت المشع ٠

وارجو أن أكون من خلال هذه السلسلة الخاصة بتبسيط العلوم قد بسطت ما أعرفه من علم والله الموفق ٠

د٠ محمد أحمد محمود جمعة

القاهرة : فى ١٩٨٦/٧/١٨

١ ـ الاشعاع

تهتم علوم الاشعاع بطرق توليده وتفاعله مع المواد واستخدامه والكشف عنه وكيفية الحماية منه . ويطلق لفظ أشعة ايضا على الاشعاع المستخدم فى التشخيص والعلاج الطبى ، كما يطلق هذا المصطلح على نوع واحد من الاشعاع مثلا اشعة الفا أو اشعة جاما مثلا .

وكما هو معروف للجميع أن الاشعاع لا نحس به بل ندركه من خلال أثره بالمواد .

ويمكن تصنيف الاشعاع الى اشعاع موجى واشعاع جسيمى .

وتنطلق الاشعاعات الموجية من الذرة نتيجة اثارتها فيما عدا أشعة جاما التى تنطلق من نواة الذرة نتيجة اثارتها .

وتنطلق الاشعاعات الجسيمية نتيجة تأين الذرة (سنعرف عملية التأين بنفس الفصل فيما بعد) كما تنطلق الاشعاعات الجسيمة نتيجة التحولات النووية (ظاهرة النشاط الاشعاعى بالطبيعة) أو نتيجة التفاعلات النووية.

تستخدم فى وسائل الاعلام مصطلحات اشعاعية لذا نرى التعريف بها :

الاشعاع الذرى : موجات تنتشر بسرعة الضوء (٣٠٠ الف كيلو متر فى الثانية) وتتولد نتيجة حركة الكترونات الذرة ويطلق على الوحدة من هذه الموجات بالفوتونات وكل فوتون يحمل طاقة ٠

الاشعاع النووى : يشتمل على موجات تنتشر بسرعة الضوء تتولد نتيجة اثارة النواة وتحمل هذه الفوتونات طاقة ٠ كما تشتمل على جسيمات ذات كتل متناهية فى الصغر وهى بدورها تحمل طاقة ٠

وقبل التعريف بأنواع الاشعاع المختلفة علينا أن نتكلم عن الذرة ونواتها وحتى نتخيل الذرة ونواتها علينا أن نتخيل المجموعة الشمسية ولكن بحجم متناهى فى الصغر ٠

فنواة الذرة (جسيم ذو كتلة صغيرة جدا) فى مركز الذرة ويدور حول النواة - الكترونات (جسيمات ذات كتل صغيرة جدا جدا) وكل الكترون يدور فى مندار محدد ، ويصل نصف قطر الذرة ١/١٠٠ من المليون من السنتيمتر ٠

وتتكون نواة الذرة من نوعين من الجسيمات هى البروتونات (كلمة تعنى الجسيمات الموجبة)

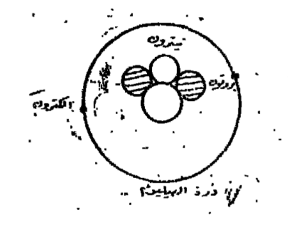
والنيترونات (كلمة تعنى الجسيمات المتعادلة) ٠

ويتغير حجم النواة حسب عدد الجسيمات التى بداخل الذرة ، فيكون الحجم اقل ما يمكن فى حالة الهيدروجين فيصل نصف قطر نواة الذرة الى ١/١٠ من مليون المليون من السنتيمتر ٠ ويزداد نصف القطر بزيادة عدد الجسيمات حتى نصل الى اليورانيوم وهو اثقل العناصر الموجودة بالطبيعة ويدخل بنواته ٩٢ من البرتونات و ١٤٦ من النيترونات ٠ ويطلق على عدد البروتونات والنيترونات بنواة الذرة بالعدد الكتلى ٠

الذرة متعادلة من ناحية الشحنة الكهربية ولأن نواة الذرة موجبة الشحنة الكهربية لابد من توفر جسيمات سالبة الشحنة بالذرة وهى الالكترونات التى تدور خارج نواة الذرة وحولها ٠

ومن أبعاد نواة الذرة والذرة نجد أن داخل الذرة كتلة ذات كثافة عالية (الكثافة النووية) وفراغ وخلال هذا الفراغ تدور الكترونات ٠ وللعلم فقط فان كتلة الالكترون ٩ × ١٠$^{-٢٨}$ جرام وكتلة البروتون أو النيترون ١ر٧ × ١٠$^{-٢٤}$ جرام ، أى أن الجسيمات النووية أثقل من الالكترونات ١٨٠٠ مرة ٠





شكل رقم (١) نموذج لذرة عنصر الهيدروجين وذرة عنصر الهليوم

استخدم الاطباء مصطلح أشعة منذ اكتشاف الاشعة السينية عام ١٨٩٥ وظاهرة النشاط الاشعاعي عام ١٨٩٦ ويرجع الفضل الى العالم الانجليزى رثرفورد فى تسمية الاشعاع الصادر من الراديوم الى أشعة الفا واشـعة بيتا وأشعة جاما .

ويطلق لفظ أشعة الراديوم على الاشعاع الصادر من الراديوم .

ومن خلال دراسة خواص وصفات هذه الاشعة اتضح ما يلى :

أشعة الفا عبارة عن نواة ذرة الهليوم وهى عبارة عن ٤ جسيمات (٢ من البروتونات و ٢ من النيترونات) . وتتولد أشعة الفا نتيجة التحولات النووية بالعناصر الثقيلة بالطبيعة كاليورانيـوم مثـلا ، حيث يقل الترابط بـين الجسيمات العديدة بالنواة لكثرتها ولزيادة النسبة بـين النيترونات الى البروتونات بها . فتهرب هذه الجسيمات تاركة نواة الذرة وهى تحمل طاقة . كما أن أشعة الفا تتولد من التفاعلات النووية .

أشعة بيتا وهى عبارة عن جسيمات موجبة الشحنة البزوترون = الكترون موجب) أو جسـيمات سـالبة الشحنة (الكترونات) وتنطلق مع التحولات النـووية للعناصر الثقيلة بالطبيعة ومن التفاعلات النووية ٠

أشعة جاما وهى عبارة عن موجات تنبعث من نـواة الذرة المثارة وكل فوتون يحمل طاقة ٠

أشعة اكسواكتشفها العالم كونراد رونتجون وأطلق عليها أشعة رونتجون الا أن أشعة آكس او الاشعة السينية هو اللفظ المستخدم عالميا فى الوقت الحالى وهى عبارة عن موجات تنبعث من خارج نواة الذرة ٠ وكل فوتون يحمل طاقة ٠

توصل العلماء الى وجود رابط بين أشعة جاما وأشعة اكس والاشعة الفوق بنفسجية والضوء المرئى والاشعة دون الحمراء والميكرووف وأشعة الراديو الترددى والموجات الكهربية . وهذا الرابط هو أن سرعة هذه الاشعة هـــو سرعة الضوء (٣٠ الف كيلو متر فى الساعة) . وأطلق العلماء على الوحدة من هذه الموجات الفوتون .

كما توصل العلماء الى أن طاقة الفوتون ترتبط مـــع تردد هذه الموجات . فكلما زاد التردد زادت الطاقة .

ولقد وجد العلماء أن طاقة فوتونات اشـــعة جاما وأشعة اكس عالية وطاقة فوتونات الموجـــات الكهربيـــة منخفضة .

وأطلق مصطلح الكهرومغناطيسية على هذه الاشعة بسبب طريقة توليدها من داخل الذرة المثارة . فكما هـــو معروف أن نتيجة حركة الشحنات السالبة (الكترونات) يتولد تيار كهربى ونتيجة وجود تيار كهربى يوجد مجال مغناطيسى متعامد معه وتنتشر الموجات الكهرومغناطيسية فى اتجاه متعامد على كل منهما . ولفظ كهرومغناطيسية

لفظ مركب من كلمتي الكهربية والمغناطيسية .

وعليه فان الاشـــعة فوق البنفســـجية موجات كهرومغناطيسية تنطلق من الذرات المثـارة وكل فوتون يحمل طاقة أقل من طاقة أشـــعة أكس واكبر من طاقة الضوء المرئى .

والضوء المرئى موجات كهرومغناطيسية تنطلق من الذرات المثارة وتحمل الفوتونات طاقة أقل من طاقة الاشعة فوق البنفسجية الا أنها أكبر من طاقة الاشعة دون الحمراء. وكما نعلم ان هذا الضوء يتحلل الى سـبعة الـوان وهى طبقا لطاقتها البنفسجى ـ النيلى ـ الازرق ـ الاخضر ـ الاصفر فالبرتقالى وأقلهم من ناحية الطاقة الاحمر . ومن مصادر الضوء المرئى الذى يســتخدم بكثرة فى الطب والصناعة أشعة الليزر وهى ضوء مرئى أحادى الطاقة ينتشر بكميات هائلة فى مسار دقيق وعليه تكون الطاقة الكلية المصاحبة له كبيرة جدا وعليه يستخدم فى عمليات القطع واللحام .

ـ الأشعة دون الحمراء أو الأشعة الحرارية وهى موجـات كهرومغناطيسية وتحمل فوتوناتها طاقة أقل من طـــاقة الضـــوء المرئى وتزيد عن طاقـة فوتونات الميكرووف (الموجات القصيرة) .

ـ الميكرووف موجات كهرومغناطيســية وتحمـل فوتوناتها طاقـة أقل من طاقة الأشـــعة دون الحمـراء

وتستخدم حاليا أفران الميكروووف فى اعداد الطعام وفى الأغراض الطبية وتتميز هذه الموجات بانتشارها فى الأوساط المسامية مثل السراميك ولا تنتشر فى الأوساط المعدنية ٠

ـ وأشعة الراديو الترددى هى أيضا موجات كهرومغناطيسية تحمل فوتوناتها طاقة أقل من الميكروووف ٠

ـ الموجات الكهربية وهى موجات كهرومغناطيسية وتحمل فوتوناتها طاقة أقل من طاقة الميكروووف وتقسم هذه الموجات الى موجات قصيرة وموجات متوسطة وموجات طويلة ٠

مما سبق يتضح أن للاشعاع (أو الأشعة) الموجى والجسيمى طاقة ٠ ويعتمد تأثير الاشعاع على المواد طبقا لطاقة الشعاع ٠ ويمكن تصنيف الاشعاع الى اشعاع مؤين واشعاع غير مؤين ٠ والاشعاع المؤين هو الذى يسبب تأين لذرات الوسط الذى يعبره ٠ والاشعاع غير المؤين هو الذى لا يسبب تأين لذرات الوسط الذى يعبره ولكن يسبب اثارة ذراته ٠

ويضم الاشعاع المؤين أشعة الفا وأشعة بيتا وأشعة جاما وأشعة اكس هذا بالاضافة الى نواتج التفاعلات النووية ٠

ويضم الاشعاع غير المؤين الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة دون الحمراء والميكروووف والموجات الكهربية ·

وحتى نفهم تأثير الاشعاع بالمواد علينا أن نعرف ظاهرة الاثارة وظاهرة التأين ·

تكون الذرة مستقرة عندما تكون فى أقل مستوى طاقة وتصبح الذرة غير مستقرة عندما تكتسب طاقة . أى تصبح الذرة مثارة وتكون فى مستوى طاقة أعلى مــن مستوى الطاقة للذرة المستقرة .

وتحصل الذرة على الطاقة الزائدة نتيجة امتصاص فوتونات أو جسيمات .

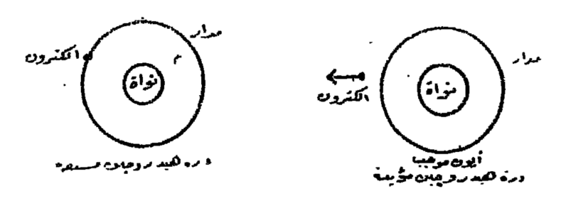
ونتيجة لامتصاص الطاقة الزائدة تعيد الذرة ترتيب الكتروناتهــا بالمدارات حول الذرة . وفى خلال فتـــرة زمنية (واحد على مليون من الثانية) تعود الالكترونات الى المــدار الأصلى مع اطــلاق الموجات الكهرومغناطيسية (فوتونات) .

وتعتمد طاقة الفوتونات المنبعثة على نوع الذرة وعلى كمية الطاقة الزائدة .

والنواة المستقرة أيضا تكون فى وضع أقل طاقة وتكون النواة المثارة فى مستوى طاقة أعلى من مســتوى الطاقة للنواة المستقرة وتصبح النواة مثارة بواســـطة امتصــاص فوتونات أو جســـيمات ونتيجة لهذه الطاقة

الزائدة تعيد النواة توزيع الشحنات الكهربية بداخلها مما يؤدى الى انبعاث موجات كهرومغناطيسية من النواة (أشعة جاما) .

تعرف عمليـة التأين بأنهـا عملية تحويل الذرة المستقرة الى أيون موجب والكترون (الزوج الأيونى) ٠



شكل رقم (٢) نموذج لذرة الهيدروجين المؤينة وذرة هيدروجين مستقرة

وكما سـبق ذكره أن الذرة متعادلة من ناحيـة الشحنة لوجود الالكترونات سالبة الشحنة والتى تسـبح حول النواة ووجود البروتونات الموجبة داخل النواة هذا بالاضافة الى أن عدد الجسيمات السالبة = عدد الجسيمات الموجبة ويطلق على هذا العدد بالعدد الذرى ٠

وعنـــد اكتســاب الذرة طــاقة من الفوتونات او الجسيمات تزيد عن الطاقــة اللازمة للاثارة وكافيــة لفك الارتبـــاط بين الكترون أو آكثر ونواة الذرة (قــوة الربط قوة كهربية) . تترك هـــذه الالكترونات الذرة تماما وتصــــبح الذرة فى هذه الحالة غير متعادلة من ناحية الشحنة الكهربية وتتحول الى أيون موجب الشحنة.

وعلى سبيل المثال عند مرور الأشعة السينية فى حيز من الهواء فان فوتوتات الأشعة السينية التى تمتصــها ذرات الأكسوجين والنيتروجين تتسبب فى تأين هـــذه الذرات وتتحرر الكترونات وتنطلق بطاقة حركية عاليــة كما تتكون أيونات موجبة وتتســبب الالكترونات الحرة فى تأين ذرات أخرى للهواء .

وللعلم تعرف الموسوعة البريطانية (*) علم الفيزياء بأنه العلم الذى يهتم بتفاعل الطاقة مع المادة .

(*) الموسوعة البريطانية المختصرة .

لما كانت المـادة تتشـكل على ثلاث حالات وهى الغازية والسائلة والصلبة فان المواد المشعة تكون أيضا فى صورة غازية وسائلة وصلبة ٠

وتقسم المصادر المشعة الى ثلاثة أنواع :

المصادر المغلقة وهى المصادر التى توجد داخل وعاء محكم ولا تتسرب منه المادة المشعة ٠ المصـادر المفتوحة وهى المصـادر التى تحتوى على مواد مشبعة فى صـورة غازية أو سائلة أو صلبة ومن الممكن أن تتسرب المـادة المشـعة من الوعـاء الحاوى لها ، وأخيرا الأجهـزة التى يصدر نتيجة تشغيلها اشعاع مؤين ومنها جهاز الأشعة السينية والمعجلات النووية وأجهزة التليفزيون ويتحكم فى هذه الأجهزة عن طريق مصدر القدرة الكهربية ٠

تتم التفاعلات النووية بين جسـيم يتحرك (او فوتون) وهدف ثابت (أو متحرك) وينتج عن التفاعلات النووية انبعاث جسيم (أو فوتونات) والنواة المرتدة ٠

وتتم هذه التفاعلات بنواة الهدف وتتكون ما يعرف بالنواة المركبة وينتج عنها انبعاث الجسيم (أو فوتونات) والنواة المرتدة ٠

من أهم التفاعلات النووية التفاعل الانشطارى حيث تتفتت نواة عنصر ثقيل الى نواتين متوسطتين كما هو الحال فى القنابل الذرية والمفاعلات النووية ٠

ومن التفاعلات الهـامة التفاعل الاندماجى حيث تندمج نواتان من العنـاصر الخفية لتكون نواة أثقل مع اطلاق طاقة كبيرة كما هو الحال في القنابل الهيدروجينية٠

ومن التفاعلات الهامة أيضا تفاعلات الاسر النيترونى وتفاعلات التنشيط النيترونى حيث يكون الجسم المتحرك نيترون وتآسر نواة الهدف هذا النيترون مكونة نواة مرتدة فى حالة اثارة ٠

وتستخدم المعجلات النووية فى زيادة سرعة الجسيم المتحرك وعليه تزيد طاقة هذا الجسيم وينتج عن تصادمه مع هدف ثابت تفاعلات نووية عديدة ·

وغالبا ما تكون النواة المرتدة نظيرا مشعا أى مادة مشعة يصدر عنها اشعاعات مع التحولات النووية ·

لا شك فى أن تقدير خطر الوفاة لكل سنة للأفراد من الأسباب المختلفة وفى المجموعات المهنية المختلفة لأمر صعب . ففى الولايات المتحدة الأمريكية وبناء على الملخص الاحصـــائى الامريكى ١٩٧٠ فان خطر الوفاة بأمراض القلببلغ ٣٦٤ حالة لكل مائة ألف (الاحتمال ٣٦٤٠٠ر٠)

وخطر الوفاه بالسرطان بلغ ١٥٧ حالة لكل مـائة ألف (الاحتمال ١٥٧٠٠ر٠) .

يوضح الجدول التالى عدد الحوادث التى أدت الى الوفاه لمجموعات من ١٠٠٠ رجل خلال زمن عملهم (مائة مليون ســاعة عمل) فى المملكة المتحدة (من كتـــاب الوقاية بالمستشفيات ـ ١٩٨٥ بالانجليزية) .

الصـــناعة	عدد حالات الوفاة لكل ١٠٠٠
البنـــاء	٦٧
عامل الاشارة بالسكة الحديد	٤٥
الصـــيد	٣٦
عمال مناجم الفحم	١٤
الزراعـة	١٠
صناعة المعادن والسفن	٨
الصناعات الكيميائية	٥
المركبـــات	١ر٣
الملابس والأحذية	١٥ر٠

وطبقا لتوصـــيات الرابطة الدوليـــة للوقاية من الاشعاع والوكالة الدولية للطاقة الذرية فان احتمـــال الوفاة نتيجة تعرضات الأشعاع يبلغ واحـــد كل عشرة آلاف لكل ريم (★) .

ولتوضيح هذا الاحتمال نفيد بالآتى :

١ ـ عند تعرض عشرة آلاف شخص كل منهم لجرعة مكافئة مقدارها واحد ريم (١٠٠٠ ملى ريم = ١٠ ميلى

(★) الريم وحدة الجرعة المكافئة للاشعاع (وحدة طاقة ÷ وحدة كتلة)

(★★) الملى ريم وحـــدة جرعة مكافئة صـــغيرة = $\frac{1}{1000}$ من الريم .

سيفرت ** فان واحدا منهم فقط يموت .

٢ ــ عند تعرض مليون شـــخص كل منهم لجرعة مكافئة مقدارها ١٠ ملى ريم (١٠٠ ميكرو سيفرت) فان واحدا منهم فقط يموت .

ــ كما أن هذا الاحتمال يعنى أيضا :

١ ــ عند تعرض فرد واحد الى جرعة اشعاعية كبيرة تبلغ ١٠٠ ريم (١ سيفرت) فان احتمال الوفاة يزيد الى ١٠٠/١ (واحد فى المائة) .

٢ ــ وعند تعرض الف فرد كل منهم لجرعة مكافئة مقدارها ١٠٠ ريم (١ سيفرت) فان احتمال الوفاة لكل منهم (= ١٠٠/١) وتبلغ عـــدد حـــالات الوفـاة = $\frac{١}{١٠٠}$ × ١٠٠٠ = ١٠ حالات .

وكما هو معروف أن المصريين يتعرضـــون لجرعات اشعاعية من الاشعاع الطبيعى تصـــل الى ١٠٠ ملى ريم (١ ملى سيفرت) فى السنة .

وأن عدد السكان فى مصر قد بلغ ٥٠ مليون تقريبا

(★★) اسيفرت وحدة جرعة كبيرة ــ السيفرت = ١٠٠ ريم .

وعليه تكون جرعة السكان

= ٥٠ مليون × واحد ملى سيفرت

= ٥٠ × ١٠٠٠٠٠٠ × ١/١٠٠٠

= ٥٠٠٠٠ رجل ـ سيفرت

ويكون عدد حالات الوفاة بالسرطان نتيجة الاشعاع الطبيعى فى مصر = ٥٠٠ حالة سنويا .

واذا كان معدل الوفاة فى مصر حوالى ١٪ ـ وهذا يعني نصف مليون حالة وفاة سنويا وعليه تصل الوفاة نتيجة الاشعاع الطبيعى الى ١/١٠٠٠ من حالات الوفاة .

٢ ـ الكورى وحدة النشاط الاشعاعى

الكورى وحدة النشاط الاشعاعى .

يعرف الكورى بأنه عـدد التحولات النـووية فى الثانية الواحدة يســاوى ٣٧ ألف مليون تحـول فى الثانية .

ومع كل تحول نووى تنطلق جسيمات مشـحونه (بيتا أو الفا مثلا) .

وكما هو معروف أن اسم الوحدة (الكورى) يرجع الى مدام كورى التى توصلت الى استخلاص واحد جرام من عنصر الراديوم من خام البتشبلند فى بداية القرن .

والتحولات النووية من واحد جرام من الراديوم فى الثانية الواحدة تولد ٣٧ ألف مليون تحول فى الثـانية تقريبا .

والراديوم عنصر صلب نواته غير مســـــتقرة فى الطبيعة ويتولد نتيجة تحول نووى ويتحول هو بدوره الى عنصر الرادون والرادون غاز مشع (أى غير مستقر) ومع هذه التحولات النووية تنطلق جسيمات الفا والتى عند مرورها فى أى وسط تؤدى الى تأين هذا الوسط .

ثابت التحول النووى

وطبقا لقوانين الفيزياء النووية والاشعاعيـة فان النشاط الاشـعاعي يساوى ثابت التحول للعنصر المشع مضروبا فى عدد النويات (عدد الذرات) المشعة ٠

وثابت التحول مرتبـــط مع نصف عمر العنصر المشع (وهو الزمن اللازم لتقليل النشــاط الاشعاعى الى النصف) وكما هو مبين من اسمه أنه ثابت للعنصر ويتغير بتغير العنصر ٠

وهو الزمن اللازم لتقليل النشاط الاشعاعي الى النصف وهو مقدار ثابت للنظير المشع ويتغير بتغير النظير ويتغير أيضا بتغير العنصر ٠

والعناصر المستقرة ليس لهـا نصف عمر ٠ أمـا العناصر غير المستقرة لها انصاف أعمار ٠

والجدول التالي يوضح انصاف أعمار بعض النظائر المشعة ٠

الرادون ـ ٢٢٠* غاز مشع نصف العمر		٣ر٨ يوم
اليود ـ ١٣١ غاز مشع نصف العمر		٨ يوم

(*) الرقم امام النظير المشع هو العدد الكتلي أى عدد البروتونات والنيترونات بنواة العنصر والكورى وحدة كبيرة ومن مشـتقات الكورى الملي كورى = $\frac{١}{١٠٠٠}$ من الكورى والميـكروكورى = ١/١٠٠٠٠٠٠ من الكورى ٠

كوبالت ـ ٦٠ صلب مشع نصف العمر ٢٦ر٥ سنة

الراديوم ـ ٢٢٦ صلب مشع نصف العمر ١٦٢٠ سنة

اليورانيوم ـ ٢٣٨ صلب مشع نصف العمر ٥ر٤ ألف مليون سنة

البكرل

الوحدة المستحدثة للنشاط الاشعاعى هى البكرل نسبة الى العالم الفرنسى هنرى بكرل الحاصل على جائزة نوبل لاكتشافه ظاهرة النشاط الاشعاعى عام ١٨٩٦ ·

والوحدة الجديدة تطلق على وحدة التحول النووى لكل ثانية وعليه فان الكورى وحده كبيرة للنشـــــاط الاشعاعى وتساوى ٣٧ ألف مليون بكرل ·

تركيز النشاط الاشعاعى فى الهواء

عندما تنطلق مواد مشعة من مصدر ما فى الهواء فان تركيز النشاط الاشعاعى بالهواء له وحده الكورى فى المتر المكعب (أو البكرل فى المتر المكعب) ٠

ويزداد التركيز الاشعاعى فى الهواء بزيادة النشاط الاشعاعى فى حيز الهواء أو بتقليل حجم الهواء ٠

ومن العناصر غير المستقرة فى الهواء غاز الرادون ـ ٢٢٢ المشع والذى تنطلق منه جسيمات الفا وكذلك غـاز الارجون ـ ٤٠ المشع ٠

تركيز المواد المشعة فى التربة

تصل المواد المشعة الى التربة أما عن طريق وجود مواد مشعة بالتربة نفسها ومنها اليورانيوم والثوريوم ونواتج تحويله . كما تصل المواد المشعة الى التربة نتيجة التساقط الاشعاعى من التجارب على التفجيرات النووية أو من التساقط الاشعاعى من الغيوم الاشعاعى المنطلق من المحطات النووية كما فى حالة حادثة تشيرنوبل السوفيتية .

والوحدة المستخدمة لقياس تركيز المواد المشعة فى التربة هى الكورى لكل نجرام (أو البكرل لكل كيلو جرام)

ويزداد تركيز المواد المشعة فى التربة بزيادة المواد الساقطة المشعة أو بتقليل الكتلة التى يتم بها التساقط.

ولازالة تلوث التربة تقلب التربة أى تصبح الطبقة العلوية هى الطبقة السفلى وتترك لسنوات عديدة .

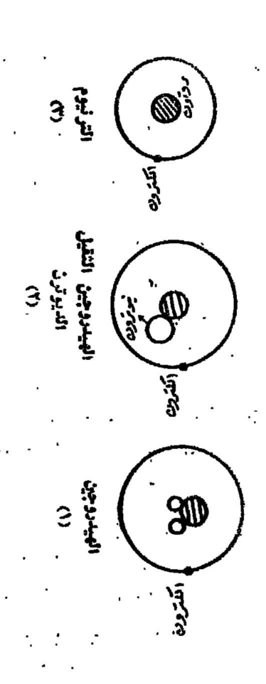
تركيز المواد المشعة في الماء

كما هو معروف أن الماء يتكون من أكسوجين وهو غاز وهيدروجين وهو غاز أيضا ـ الا أنه يتحول الى سائل عند اتحاد الغازين • ويحتوى الماء أيضا على عناصر أخرى ولكن بكميات صغيرة واذا زادت هذه العناصر الذائبة فى الماء عن حد معين يصبح الماء غير قابل للاستعمال (الشرب) •

والهيدروجين أخف العناصر له ثلاثة نظائر ـ النظير الأول الهيدروجين واحد ـ وبنواته بروتون واحد • والنظير الثاني الهيدروجين اثنين ـ وبنواته بروتون واحد ونيترون • والنظير الثالث ـ الهيدروجين ثلاثة ـ وبنواته بروتون واحد • و ٢ نيترون • والهيدروجين واحد هو الغالب ويصل نسبة وجوده الى ٩٩٪ والهيدروجين اثنين تصل نسبة وجوده فى الطبيعة الى أقل من ١٪ والهيدروجين ثلاثة نادر الوجود فى الطبيعة •

ونظائر الهيدروجين لها نفس صفات غاز الهيدروجين الكيمائية من ناحية التفاعلات النووية •

ويطلق على الهيدروجين ـ ٢ بالهيدروجين الثقيل



شكل (٣) نظائر الهيدروجين الثلاثة

ويطلق على المـــاء الناتج من اتحـــاد الهيدروجين ـ ٢ (الديترون) مع الاكسجين بالماء الثقيل ويستخدم فى المفاعلات النووية خاصة الكندية ٠

ويطلق على الهيدرجين ـ ٣ بالترتيـــوم ويتميز عن الهيدروجـين ـ ٢ والهيدروجـين ـ ٣ بأن نواتـه غـير مستقرة ٠ أى أنه مشع والماء المتكون من اتحاد الهيدروجين ـ ٣ مع الأكسجين ماء مشع ٠

وللعلم فان هيدروجين ـ ٣ له نصف عمر ١٢ سنة وتنطلق من نواته جسيم بيتا ويتحول احدى النيترونات (بالنواة) الى بروتون وعليه تتغير الصفة النووية للعنصر ويصبح عنصر جديد وهو العنصر الذى يلى الهيدروجين فى الجدول الدورى للعناصر ويصبح هليوم ـ ٣ والهليوم غـاز ٠

ويتولد الماء المشع (غير المستقر) فى المفـــاعلات النووية ويصل الى التربة والماء عن طريق الانطلاقـــات الاشعاعية من المفاعلات النووية ٠

والوحدة المستخدمة لقياس تركيز المادة المشـعة فى الماء هى البكريل لكل ملى لتر أو كورى لكل جرام ٠

تفاعل الاشـعاع مع المواد

حتى ندرك كيفية تفاعل الاشعاع مع المواد علينـا أن نصنف الاشعاع طبقا لنوعه الى :

١ ـ اشعاع مؤين أى له طاقة كافية لتأين الوسـط المار به ٠

٢ ـ اشـعاع غير مؤين أى ليس له طاقة كافية لتأين الوسط المار به ٠

وسبق أن تكلمنا عن ذلك وسنقصر حاليا الكـلام عن الاشعاع المؤين وهذا بدوره يمكن تصنيفه الى اشعاع موجى واشعاع جسيمى ٠

والاشعاع الموجى له صفات الموجات الضوئية ·

وتحسب طاقة الفوتون (الشعاع الواحد) من معرفة التردد (عدد الدورات فى الثانيـــة الواحدة) بالعلاقة التالية :

الطاقة = ثابت بلانك × التردد

وثابت بلانك كمية صغيرة = ٦ر٦ × $١٠^{-٣٤}$ جول ـ ثانية ·

الجول هو وحده الطاقة فى الحيـــاة العادية · ويطلق على المقدار (جول لكل ثانية) بالوات وهو وحدة القدرة · وعلى سـبيل المثـال فان الطـاقة المتولدة من مصباح كهربائى ٤٠ وات مثلا = ٤٠ جول لكل ثانية ·

ومع أن تردد الاشعاع الموجى يصل الى مليـــون مليون مليون مليون هـرتز $١٠^{٢٤}$ · الا أن الطـــاقة المصاحبة لفوتون واحد صغيرة جدا ·

والهرتز وحدة التردد = واحد دورة كاملة فى الثانية الواحدة ·

لهذا توصل علماء فيزياء الاشعاع الى استحداث وحدة طاقة صغيرة هي المليون الكترون فولت وهي تقريبا واحد على مليون المليون من الجول • المليون الكترون فولت = ١ر٦ × ١٠ ^-١٣^ من الجول •

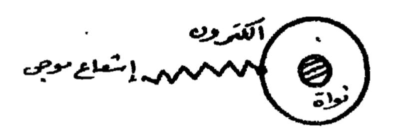
« والطاقة المصاحبة للفوتون الواحد صغيرة للغاية الا أن التأثير الناتج عن تفاعل الاشعاع الموجي المؤين مع المواد يتم بسبب العدد الكلي لهذه الفوتونات » •

كما سبق ذكره يطلق على الأشعة السينية وأشعة جاما بالاشعاع الموجى المؤين ·

تتفاعل هذه الأشعة مع المواد بثلاث طرق وهى :

١ ـ تفاعل الفوتو كهربى :

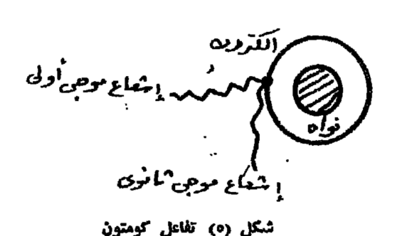
حيث ينتج من تفاعل الفوتونات مع الكترونات ذرات الوسط وتتحرر هذه الالكترونات · وتنطلق كجسيمات بطاقة مساوية لطاقة الفوتون تقريبا · وهى جسيمات سالبة الشحنة · كما تتولد أيونات موجبة بالوسط (هواء ـ ماء ـ جسم انسان أو تربة مثلا) · هذا ولقد نال العالم البرت اينشتين جائزة نوبل عن اكتشافه لهذه الظاهرة ·



شكل (٤) تفاعل الفوتوكهربى

٣ ـ تفاعل كومتون :

تتفاعل أيضا الفوتونات مع الكترونات الوسط الا أن طاقة الفوتون تنقسم بين الالكترون فيحصل على جزء من الطاقة مع تحرره من ذره الوسط ، ويحصل الفوتون على باقى الطاقة • ويتم الفوتون الأخير تفاعل آخر حتى يصبح فوتون بطاقة كافية لاثارة ذرات الوسط•



شكل (٥) تفاعل كومتون

أى يتولد الكترون سالب الشحنة له طاقة وفوتون له طاقة وكذلك أيونات موجبة الشحنة بالوسط (هواء ـ ماء ـ جسم انسان أو تربة مثلا) •

٣ ـ تكوين الزوج :

اذا تمتعت الفوتونات بطاقة أكبر من واحد مليون الكترون فولت • فيحق لها أن تختفى تماما ويتكون زوج من (الكترون موجب ـ بزوترون) والكترون سالب

ونتيجة لهذا التكوين ، تختفي الفوتونات وتظهر الكترونات موجبة والكترونات سالبة .

الكترون موجب

إشعاع موجي

الكترون سالب

شكل (٦) تكوين الزوج

فوتون

الكترون موجب

الكترون سالب

فوتون

شكل (٧) اختفاء الزوج

واذا زادت طاقـــة الفوتون عن ٢٠ مليون الكترون فولت مثلا تســـتخدم واحد مليون الكترون فولت في توليد الزوج ويتوزع المليون الالكترون فولت الآخر على كل منهما · أى يتولد الكترون موجب بطاقة ½ مليون الكترون فولت ويتولد الكترون سالب بطاقة ½ مليون الكترون فولت ·

والالكترون الموجب وكذلك الســـالب يعملان على تحرير الكترونات من ذرات الوسط نتيجة تصادمهمـا مع هذه الذرات وعليـه يؤدى الى تحـــرير الكترونات وتوليد أيونات موجبة ·

الا أن الالكترون الموجب فى النهـــاية يتحد مع الكترون سالب وتتم عملية عكسية لتكوين الزوج وهى عملية اختفاء الزوج ويتولد فوتونات نتيجة لذلك ينطلق الفوتون الأول فى اتجـاه وينطلق الفوتون الثـانى فى اتجاه مضاد · وكل فوتون يحمـــل طاقة ½ مليـــون الكترون فولت (طاقة السكون) · وهو بدوره قادر على القيام بالتفاعل الفوتوكهربى أو تفاعل كومتون ·

ويجب الاشارة هنا الى أننا عرضنا لمبادىء التكافؤ بين الكتلة والطاقة لأينشتين · حيث العلاقة المعـــروفة

الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء ·

والطاقة هي طاقة السكون للألكترون أو طاقة الفوتون . والكتلة هي كتلة السكون للالكترون (الموجب أو السالب) .

وهذه العلاقة تستخدم كثيرا فى التفاعلات النووية

٣ ـ تفاعل الاشعاع الجسيمى مع المواد

يمكن تصنيف الاشعاع الجسيمى الى جسيمات مشحونة كهربيا وجسيمات متعادلة والجسيمات المشحونة كهربيـــا أيضا يمكن تقسيمها الى الكترونات (خفيفة) وجسيمات ثقيلة مثل البروتونات (نواة ذرة الهيدروجين) وجسيمات ألفا (نواة ذرة الهليوم) ونواتج الانشطار . أما الجسيمات متعادلة الشحنة فهى النيترونات الحرة ..

أشعة ألفا

أشعة ألفا هي جسيمات موجبة الشحنة وهي عبارة عن نواة ذرة الهليوم وتحتوي على بروتونات ونيترونات . وأشعة ألفا الموجبة الشحنة تجذب الكترونات ذرات الوسط المتعادلة الشحنة نتيجة قوة التجاذب بين الشحنة الموجبة والشحنة السالبة كهربيا . وعليه فان بعض ذرات الوسط تفقد ألكترونات وتتكون أيونات موجبة الشحنة .. وفي العادة لا تفقد أشعة ألفا خلال تصادم واحد ولكن تفقد جزء صغيرا من الطاقة . وهذا الجزء الصغير من الطاقة يكتسبه الالكترون المحرر . وعليه تقوم أشعة ألفا بعمل تصادمات أخرى مع ذرات الوسط وتؤدي بدورها الى تحرير الكترونات وتكوين ايونات موجبة . ونظرا لكتلة جسيم ألفا الكبيرة (٦٤٠٠ كتلة الالكترون) فان نفاذيتها في المواد صغيرة .

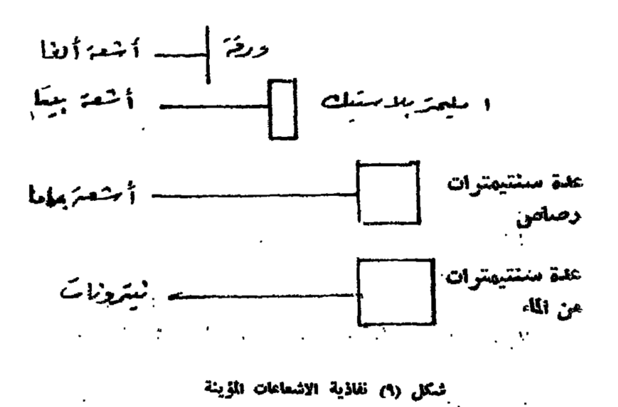
أشعة بيتا

أشعة بيتا هي جسيمات مشحونة وهي عبارة عن الكترونات (موجبة أو سالبة) وهذه الالكترونات سالبة أو موجبة الشحنة تؤثر على الكترونات ذرات الوسط كهربيا (قوة تنافر بين الشحنات السالبة وتجاذب بين الشحنات الموجبة والكترونات ذرات الوسط السالبة) . وعليه تتحرر بعض الكترونات الذرات وتتولد أيونات موجبة الشحنة . وتفقد أشعة بيتا جزء من طاقتها خلال تصادمها مع الكترونات الذرة وتكتسب الالكترونات المحررة طاقة . وتتم تصادمات كثيرة حتى تفقد أشعة بيتا كل طاقتها . ونظرا لصغر كتلة الالكترونات فان نفاذيتها في المواد كبيرة بالنسبة لأشعة الفا .

البروتونات

البروتون جسيم موجب الشحنة وينتج من التفاعلات النووية أو نتيجة تأين ذرة غاز الهيدروجين . وهو جسيم ثقيل (١٨٠٠ كتلة الالكترون) . وعند مـــروره فى أى وسط يؤدى الى تأين ذرات الوسط الا أن نفاذيتـــه فى المواد صغيرة ولكنها أكبر من نفاذية أشعة ألفا .

شكل (٨) مدى الاشعاعات المؤينة



شكل (٩) نفاذية الاشعاعات المؤينة

الجسيمات المنشطرة

الجسيمات المنشطرة جسيمات مشحونة تتولد نتيجة انشطار النويات الثقيلة مثل اليورانيوم والثوريوم . وهذه الجسميات المنشطرة ذات طاقة عالية جدا وكتلتها كبيرة جدا (أثقل من البروتون مائة مرة تقريبا) . ومدى الجسيمات المنشطرة مثل مدى أشعة ألفا . وتتميز هذه الجسيمات المنشطرة بأنها مشعة وتنطلق خلال التحولات النووية جسيمات بيتا ويصاحبها أشعة جاما . ومن أهم النظائر الاسترنشوم ـ ٩٠ واليود ـ ١٣١ والسيزيوم ـ ١٣٧ والسيريوم ـ ١٤٣ .

تفاعل النيترونات مع المواد

النيترونات جسيمات متعادلة الشحنة ذات كتلة تقارب البروتون أى أثقل من الالكترون ١٨٠٠ مرة . وتحرر النيترونات نتيجة التفاعلات النووية . ومن المصادر النيترونية والمفاعلات النووية والمعجلات النووية وبعض النظائر المشعة الصناعية (أى التى صنعها الانسان) .

وغالبا ما تكون النيترونات الحرة ذات طاقة عالية وتقل طاقة النيترونات نتيجة اصطدامها بذرات الوسط فنحصل على نيترونات متوسطة الطاقة ونيترونات بطيئة (حرارية) .

ونظرا لأن تفاعل النيترونات مع المواد يعتمد على طاقة النيترونات وكذلك على نوعية الوسط الذى تمر فيه استحدث فرع من أفرع علم الفيزياء أطلق عليه فيزياء النيترونات يبحث فى هذا المجال .

وعموما فان النيترونات السريعة تمر من خلال العناصر الثقلية وتفقد جزءا كبيرا من طاقتها عند مرورها فى وسط هيدروجين كالماء والبرافين والنيترونات البطيئة تتفاعل نوويا مع بعض المواد مثل الليثيوم والبورن

مما يؤدى الى اختفـــاء النيترونات تماما · كما تتفـاعل النيترونات مع الكادميوم مما يؤدى الى اختفاء النيترونات أيضا · وتتفاعل النيترونات البطيئة بدرجة أقل مع الذهب والفضـــة وكذلك الانديوم · ويطلـــق على عمليـــة اختفاء النيترونات بالآسر النيترونى ·

وغالبا ما يؤدى تفاعل النيترونات مع المواد الى تحويل ذرات الوسط المستقرة الى نظـــائر مشعة تنطلق منهـــا جسيمات بيتا ويصاحبها أشعة جاما ·

تفاعل الاشعاع مع الخلايا

قسم علماء فيزياء الاشعاع وعلمـــاء علم الأحيـــاء الاشعاعى تفاعل الاشـــعاع مع الخلايا الى ثلاث فترات . ونظرا لأن ٩٠٪ من جسم الانسان ماء . لذا فان تفـاعل الاشعاع مع الخلايا هو تفاعل مع الماء .

الفترة الأولى وهى الفترة الفيزيائية :

حيث تتم العمليات الفيزيائية والتى يتم خلالها مرور الاشعاع فى الوسط (الخــلايا) ويحدث عمليات التـأين لذرات الوسط فى فترة زمنية صغيرة للغاية واحد من مليون المليون من الثانية .

الفترة الثانية وهى الفترة الكيميائية :

حيث تتم العمليات الكيميائية والتى يتم خلالهـــا عمليات تكوين الشق الحر والذى بدوره يعمل على تكسـير الروابط بين الجزيئات . ويتم ذلك خلال فترة زمنية صغيرة واحد من المليون من الثانية .

الفترة الثالثة وهى الفترة البيولوجية :

حيث تتم العمليات البيولوجية والتى يتم خلالهـــا

وفاة الخلايا وهـذه تأخذ فترة زمنيـة من عدة ثوانى الى عشرات السنوات • وكما نعلم أن خلايا الانسان كثيرة ولكل خلية زمن عمر وبعض الخلايا يمكن اصلاحها وبعض الخلايا التى تموت ولا يمكن تعويضها •

ومن خلال المعلومات سالفة الذكر نصل الى الآتى :

١ ـ الاشعاع كم ـ كلما زادت كمية الاشعاع التى تتعرض له زاد الضرر •

٢ ـ الاشعاع كيف ـ يزداد الضرر من الاشعاع كلما كان التعرض الخارجى لأشعة اكس وأشعة جاما ذات الطاقة العالية • بينما يزداد الضرر من الاشعاع كلما كان التعرض الداخلى لأشعة ألفا وأشعة بيتا •

٣ ـ لا يظهر التأثير الاشعاعى المباشر الا عند التعرض لجرعة عالية جدا وقد يظهر التأثير الاشعاعى متأخرا عند التعرض لجرعة منخفضة جدا •

٤ ـ التأثير الاشعاعى احصائى بمعنى أن هذا التأثير يظهر على نسبة من الأفراد المتعرضين لنفس الكمية ونفس النوع • وتزيد هذه النسبة بزيادة كمية التعرض وتقـل هذه النسبة بتقليل كمية الاشعاع المتعرض له •

عرف الانسان الإشعاع من خلال تأثيره أى تفاعله على المواد . فلقد توصل العالم كونراد رونتيجون الى اكتشاف الأشعة السينية عام ١٨٩٥ . وكان أول من حصل على تصوير لأحد أعضاء الجسم (كف زوجته) فى نفس العام على لوح فوتوغرافى .

كما توصل العالم هنرى بكريل الى ظاهرة النشاط الاشعاعى من خلال دراسته على البلورات باستخدام التصوير الفوتوغرافى فى نفس العام أى ١٨٩٥ .

وتستخدم الأفلام الحساسة (أفلام التصوير) حاليا فى قياس الجرعة الاشعاعية حيث يتم التفاعل بين الاشعاع وبلورات أيوديد الفضة . ويظهر الأثر بعد تحميض الأفلام. ولقد تم صنع حامل أفلام(*) بحيث يمكن تقدير نوع وكمية الاشعاع .

كما استخدم الانسان ظاهرة التأين التى تتم فى الهواء وفى بعض الغازات لقياس كمية الاشعاع وتم تطوير ما يعرف بقلم الجيب والذى يتكون أساسا من غرفة تأين

(*) للمؤلف بحوث فى هذا المجال ..

وأوراق من الذهب رقيقة وعدسة ومؤشر وذلك لقياس تعرض الأفراد للاشعاع المؤين .

وتتوفر حاليا أنواع عديدة من كواشف الاشعاع منها ما يعطى معدل التعرض ومنها ما يعطى التعرض الكلى للاشعاع . ومنها ما يكشف نوعا معينا من الاشعاع ومنها ما يكشف أكثر من نوع .

ومن الكواشف الحديثة ما يعرف بالوميض الحرارى* وهو عبارة عن بلورة أو بودرة أو كبسولة تحتوى على مادة أو مواد فعالة تتأثر بالاشعاع وتحتفظ بهذا التأثير لفترة زمنية . ومن ثم يتم قياس التأثير بعد تعريض البلورة أو البودرة (مسحوق) أو الكبسولة للحرارة فتطلق ضوء يعد بواسطة جهاز خاص (ضارب فوتونى) ويسجل فى جهاز خاص (عداد الوميض الحرارى) وقد يزود هذا الجهاز بكومبيوتر لتسجيل الجرعة الاشعاعية للأفراد .

ومن أجهزة قياس الاشعاع فى أماكن العمل أجهزة الرصد الاشعاعى (*) (أجهزة المسح الاشعاعى) وقد

(*) استخدمت أجهزة الرصد الاشعاعى فى تسجيل الزيادة فى التركيز الاشعاعى بالسويد فى ١٩٨٦/٤/٢٨ وعليه اعلن الاتحاد السوفيتى عن حادثة مفاعل تشيرنوبل .

نكون هذه الاجهزة نقالة أو ثابتة حسب طبيعة العمل .
وقد تتأثر هذه الأجهزة بنوع واحد من الاشعاع أو بأكثر
من نوع .

ومن أهم هذه الأجهزة ـ جهاز غرفة التأين وعداد
جيجر والعداد التناسبى وتعتمد هذه الأجهزة على نظرية
تأين الوسط بالاشعاع . وكذلك العداد الوميضى والذى
يعتمد على وجود بلورة أيوديد الصوديوم التى تتأثر
بالاشعاع (أشعة اكس وأشعة جاما) وينتج من مرور
الاشعاع بالبلورة تأين لذرات البلورة والذى يؤدى الى
اثارة ذراتها وينبعث ضوء يعده الضارب الفوتوتى وبأجهزة
الكترونية يمكن تحليل النبضات الالكترونية ونحصل على
طيف لأشعة اكس وأشعة جاما . كما دخلت الالكترونيات
فى هذه المجال (ومعظم مجالات المعرفة) وحصل الانسان
على كواشف الصلبة .

وفى مجال الكشف على النيترونات استغل الانسان
نوعية التفاعل بين النيترونات والمواد وتوصل الى كواشف
للنيترونات عديدة . ومنها الأفلام الحساسة المزودة بمواد
فعالة وكذلك ما يعرف بكواشف الأثر النووى .

وفى مجال النيترونات السريعة استغل الانسان
تفاعل النيترونات مع المواد الهيدروجينية وتوصل الى
كاشف وميضى . وفى مجال النيترونات البطيئة استغل

الانسان المواد التى لها خاصية الأسر النيترونى فى الحصول على كواشف خاصة مثل رقائق الذهب . كما استغل الانسان التفاعلات النووية الانشطارية فى الحصول على كواشف عديدة ومنها غرف الانشطار واليورانيوم ككاشف تنشيطى والميكا ككاشف أثر انشطارى (*) .

(★★) للمؤلف بحوث فى هذا المجال .

٥ ـ الوقاية من الاشعاع

ما أن عرف الانسان الاشعاع المؤين وعرف تأثير هذا الاشعاع على الانسان وعرف كذلك تأثير هذا الاشعاع على المواد توصل الى طرق الوقاية من الاشعاع • ويؤكد خبراء الوقاية من الاشعاع أن ما صرف على الأبحاث والدراسات في هذا المجال لم يصرف على أى مجال آخر •

أشعة ألفا

تكمن الخطورة من أشعة ألفا في وصولها الى داخل جسم الانسان ولا يتم ذلك الا بعد وصول النظير المشع الذى يطلق هذه الجسيمات الى داخل الجسم عن طريق الجهاز الهضمى أو الجهاز التنفسى أو من خلال الجروح أو الشقوق كما فى حالة الحوادث الاشعاعية كحريق مفاعل تشيرنوبل مثلا .

أما عند التعرض الخارجى لأشعة ألفا فان لها مدى لا يزيد عن عدة سنتيمترات فى الهواء وأقل من المليمتر فى المواد الصلبة ولهذا يكتفى بورقة أو شريحة من البلاستيك لامتصاص كل طاقة جسيمات ألفا .

وكما هو معروف أن جسيم ألفا وهو نواة ذرة الهليوم وعند اكتساب هذا الجسيم لألكترونات من الألكترونات الحرة يتحول جسيم ألفا الى ذرة هليوم (وهو غاز) متعادل الشحنة .

وبالنسبة الى التعرض الداخلى تتم الوقاية عن طريق سد المنافذ الى داخل جسم الانسان وذلك بوضع مرشح

(فلتر) بين الجهاز التنفسي والهواء المحمل بالمواد المشعة ٠
وتتم الوقاية كذلك باستخدام ملابس واقية تمنع وصول المواد المشعة الى جسم الانسان عن طريق الجلد مع عدم تناول طعام ملوث اشعاعيا ٠

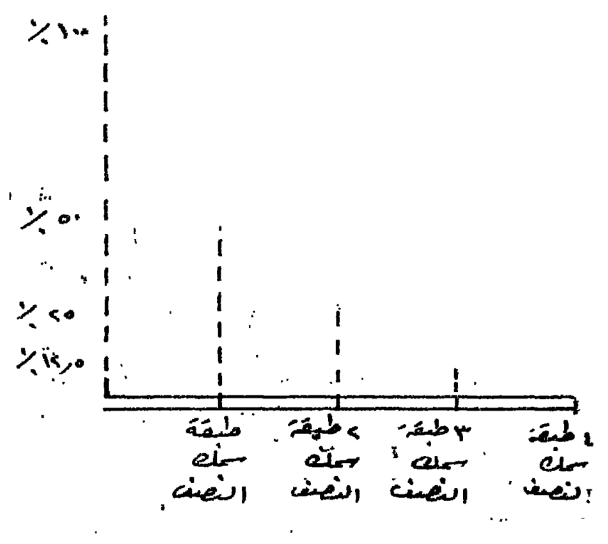
كما سبق ذكره اشعة بيتا هى الكترونات ذات مدى أكبر بكثير من أشعة ألفا ويزيد المدى (المسافة التى يفقد فيها الجسيم كل طاقته) بزيادة طاقة الجسيم . الا أنه من خلال دراسة صفات هذا الجسيم وجد أن عدة سنتيمترات من البلاستيك أو الالومنيوم كافية لامتصاص كل طاقة هذا الجسيم . وعليه فان خطورة هذا الاشـعاع فى التعرض الداخلى وليس فى التعرض الخارجى له . لذا نتبع نفس طرق الوقاية من التعرضات الداخلية باستخدام أقنعـة واقية وملابس واقية مع عدم تناول طعام ملوث .

كما هو معروف أن أشعة اكس تصدر عن ماكينات أشعة اكس وعليه فلا يوجد تعرض داخلي ولكن يوجـــد تعرض خارجي . ويتم التحكم والوقاية من هذه الأشعة من غرفة التحكم للجهاز وباستخدام الحواجز الواقية .

وعموما فان قوة النفاذية لأشعة اكس أكبر بكثير من القدرة النفاذية لأشعة الفا وأشعة بيتا . وتحتاج الى عدة سنتيمترات من الرصاص للوقاية من هذه الأشعة . وكما هو معروف أن القوة النفاذية لهذه الأشعة هي السبب الأساسي في اســـتخدام هذه الأشـــعة في فحص اللحام والتصوير الاشعاعي والتشخيص والعلاج الطبي .

ومن المصطلحات المستخدمة في هذا المجال (طبقة سمك النصف) وهي السمك اللازم من مادة ما (رصاص أو خرسانة .. الخ) لتقليل كمية الأشعة السينية الى النصف . وفي العادة نحتاج الى سبعة أمثال هذا السمك لايقاف هذه الأشعة .

كما توجد علاقة بين طبقة سمك النصـــف وطاقة الأشعة السينية . ودون الدخـول في علاقات رياضـية



شكل (١٠) التوهين الاشعاعى فى المواد بدلالة طبقة سمك النصف

نقول أنه كلما زادت طاقة الأشعة السينية زاد سمك طبقة سمك النصف ٠

ويوجد حاليا في جمهورية مصر العربية معجلات خطية تعمل على تسريع الالكترونات الى طاقات عالية (٢٠ مليون الكترون فولت) واما تستخدم هكذا في علاج الأورام السرطانية أو تصطدم مع هدف لتوليد أشعة اكس بطاقة متوسطة تصل الى ٤ر٥ مليون ألكترون فولت، الا أن مثل هذه الأجهزة قد يؤدى تشغيلها الى انبعاث نيترونات أيضا ٠ لذا يجب الحرص عند تصميم غرف تشغيل ماكينات أشعة اكس التقليدية والمعجلات الخطية ٠

أشـــعة جاما

من أهم الاختلافات بين أشـــعة اكس وأشعة جاما ما يلي :

- أشعة اكس تنبعث من خارج النواة وهي فوتونات ذات طاقات مختلفة (طيف مستمر) وتنبع من ماكينـات الأشعة والمعجلات الخطية ٠

- أشعة جاما تنبعث من داخل النواة وهي فوتونات ذات طاقات محددة (طيف متقطع) وتنبع من نواة العناصر الثقيلة ومن التفاعلات النووية ٠

ومن أهم خصائص أشـــعة جاما ظاهرة النشـــاط الاشعاعي أي أن كمية الاشعاع المنطلق من نواة الذرة كمية غير ثابتة وتقل مع الزمن ٠ الا أن معدل التقليل يعتمد على ثابت التحول الاشعاعي أو نصف العمر ٠

وكذلك يتم ايقاف أشـــعة جاما (تعرض خارجي) بواسطة استخدام رصاص أو خرسانة (٧ أمثال طبقـة سمك النصف) ٠ وكلما زادت طاقة فوتونات الجـاما زاد سمك طبقة سمك النصف ٠

وعنـد التعرض الداخلى يكون من الصـــعوبة ايقاف أشعة جاما (أى امتصاص طاقة الفوتونات) بالرصاص والخرسانة ، الا أن علماء ازالة التلوث الاشعاعى يعملون على ازالة التلوث الداخلى (بتناول مواد كيميائية) تعمل على سرعة خروج هذه المواد المشعة عن طريق المنافذ الطبيعية (البول والبراز) • ويتم نفس الشىء عند التعرض الداخلى لنظائر مشعة تطلق جسيمات ألفا وبيتا • الا أن نوع المادة الكيميائية يعتمد على العنصر المشع الذى تم تناوله (فى الحالات الطارئة أو عند الحوادث) وعلى العضو أو النسيج الذى يستقر عنده العنصر المشع •

وبالنسبة الى التعرض الخارجى يتم الوقاية عن طريق :

١ ـ تكون المسافة بين المصدر المشـــع وبين الفرد أكبر ما يمكن •

٢ ـ يكون زمن التواجد فى المنطقة الحاوية على المصدر أقل ما يمكن •

٣ ـ وجود درع واقى بين المصدر وبين الانسان •

وللوقاية من التعرض الداخلى :

١ ـ يجب لبس الملابس الواقية •

٢ ـ استخدام القناع الواقى •

٣ ـ عدم تناول طعام ملوث •

كما فى حالة الأشعة السينية فان النيترونات تؤدى الى تعرض خارجي ولا تؤدى الى تعرض داخلى (الا اذا تم بلع مصدر نيترونى ـ وهذا شبه مستحيل) ٠

ومن المواد التى تستخدم كدروع واقية(*)من النيترونات السريعة الماء والبرافين والبلاستيك والخرسانة وجميع المواد التى تحتوى على الهيدروجين ٠ وفى العادة يحتاج الى سمك يصل الى نصف متر لايقاف هذه النيتروتات السريعة ٠

ومن المواد التى تستخدم كدروع واقية للنيترونات الحرارية ـ الكادميوم وذلك لقدرته على امتصاص هذه النيترونات بكفاءة عالية ويكفى شريط رقيق من الكادميوم لعمل ذلك٠ومن المواد الأخرى التى تستخدم كدروع واقية البورن والليثيوم والذهب والفضة ومواد أخرى ٠ هذا مع العلم بأنه قد استخدم الرمل المبلل والبورن لتوقيف التفاعلات فى حريق مفاعل تشيرنوبل السوفيتى ٠

وكما هو الحال فى حالة أشعة جاما فان الوقاية تعتمد على :

(*) للمؤلف بحوث فى هذا المجال ٠

١ ـ زيادرة المسافة من المصدر ..

٢ ـ تقليل زمن التواجد بالقرب من المصدر .

٣ ـ وجود درع واق بين المصدر والانسان .

وتكمن الخطـــورة من التعرض الخارجى للنيترونات السريعة فى قدرة هذه النيترونات للوصـــول الى اجزاء مختلفة من جسم الانســان ومن ثم تتفاعل نوويا مع بعض أنوية وعلى سبيل المثال تتفاعل مع صـوديوم الدم وكذلك الكبريت بالشعر ومواد أخرى ..

الا أن نفس الضرر قد يستفاد منه فى علاج الأورام السرطانية .

استخدم العلماء وحـدة الرونتجون نسبة الى العالم الألمانى كونراد رونتجون مكتشف الأشعة السينية كوحـدة للتعرض الاشعاعى ٠

الا أن هذه الوحدة لا تستخدم الا للأشعة السينية وأشعة جاما ٠ وحتى بالنسبة الى أشعة جاما فانها تستخدم للفوتونات ذات طاقة أقل من ٣ مليون الكترون فولت ٠ كما أنها قاصرة على الهواء فقط ٠

وهذه الوحدة تعطى دلالة لكمية الاشعاع ولا تعطى دلالة لنوع الاشعاع ٠

وتعرف هذه الوحدة بأنهـا كمية الاشـــعاع اللازم لتوليد وحدة الشحنات فى واحد سنتيمتر مكعب من الهواء عند الظروف العادية لدرجة الحرارة والضغط ٠

وكما هو معروف أن وحدة الشحنات هى الكولومب ووحدة الحجم الحالية هى المتر المكعب ٠ والوحـــدة الحالية المستخدمة هى الكولومب لكل كيلوجرام من الهواء ٠

بحيث أن الرونتجون الواحـد = ١/٤ ملى كولومب لكل كيلوجرام

والملى كولومب = ١/١٠٠٠ من الكولومب ٠

معدل التعرض الاشعاعي ـ رونتجون لكل ساعة

لتقدير معدل التعرض الاشعاعى من الأشعة السينية أو أشعة جاما يستخدم وحدة الرونتجون لكل ساعة (أو كولومب لكل كيلوجرام ساعة) ٠

ولقد تم تطوير العديد من الأجهزة التى تعمل بظاهرة غرفة التأين لقياس معدل التعرض الاشعاعى ٠

وتحتوى هذه الغرفة فى العادة على هواء ٠ ونتيجة مرور الاشعاع يتم التأين أى تتولد الكترونات سالبة الشحنة وأيونات موجبة ٠ ولهذه الغرفة عمود عليه جهد كهربى موجب بوسط الغرفة وعلى حائط الغرفة جهد كهربى سالب الشحنة وعليه تنجذب الالكترونات الى الجهد الموجب وتنجذب الايونات الى الحائط ذى الجهد السالب ٠ وينتج عن ذلك مرور تيار كهربى فى الدائرة الخارجية لغرفة التأين ٠ والدائرة الخارجية لهذا الجهاز متصلة بمقياس (مؤشر) يعطى دلالة لكمية الاشعاع وفى الأجهزة الحديثة يتصل الجهاز بعداد يعطى دلالة أيضا لكمية الاشعاع ٠

بالنسبة الى شعر جاما وجد العلماء ثابت يعـرف بثابت جاما يمكن استخدامه بسهولة لحسـاب التعرض الاشعاعي لأى مادة مشعة . والعلاقة هي :

ثابت جاما = ½ مجموع الطاقات لكل كورى على بعد متر ـ ساعة

والوحدة رونتجون لكل ساعة .

وعلى سبيل المثال فان ثابت جاما

٢ ـ الكوبالت ـ ٦٠ نظير مشع تنطلق منه فوتونات لكل تحول نووى

الأول بطاقة ١ر٣٣ مليون الكترون فولت

والآخر بطاقة ١ر١٧ مليون الكترون فولت

وعليه يكون ثابت جاما = ½ (١ر٣٣ + ١ر١٧)

= ١ر٢٥ (رونتجون لكل ساعة) لكل (كورى)

وذلك على بعد متر من المصدر .

وعليه اذا كانت قوة المصدر المشع واحد كورى يكون معدل التعرض ١٫٢٥ رونتجون لكل ساعة على بعد متر.م واذا كانت قوة المصدر ١٢٥ كورى يكون معدل التعرض على بعد متر ١٥٦ رونتجون لكل ساعة على بعد متر بدون تدريع ولا بد من وجود درع بسمك كافى لتقليل الاشعاع بنسبة واحد لكل مائة ألف وتحتـــاج الى عشرين سنتيمتر من الرصاص لذلك (حادثة وحدة الكوبالت المشع ـ جامعـة القاهرة) ٠

مثال آخر : يستخدم مصدر السيزيوم ـ ١٣٧ فى علاج الاورام السرطانية وذلك لانه ذو نصف عمر طويـل ٣٠ سنة ٠

الا أن هذا المصدر يشع فوتونات بطاقة ٠٫٦٦ مليون الكترون فولت وعليه فأن

ثابت جاما للسيزيوم ـ ١٣٧ = ٠٫٢٣ رونتجون لكل ساعة لكل كورى على بعد متر واحد من المصدر ٠

ويوضح الجدول التالى قيم ثابت جاما لبعض النظائر المشعة

النظير المشع العدد الكتلى	نصف العمر	ثابت جاما
صوديوم ـ ٢٤	١٥ ساعة	١ر٨٤ رنتجون لكل ساعة لكل كورى على بعد متر
الومنيوم ـ ٢٨	٢ر٣ دقيقة	٠ر٨٥
كوبالت ـ ٦٠	٥ر٢٦ سنة	١ر٢٩
يـــود ـ ١٣١	٨ر٠٥ يوم	٠ر٢٣
سيزيوم ـ ١٣٧	٣٠ سنة	٠ر٣١
ذهب ـ ١٩٨	٦٤ر٨ ساعة	٠ر٢٤
راديوم ـ ٢٢٦	١٦٢٠ سنة	٠ر٨٤

وتقدر عدد النظائر بأكثر من ٢٠٠٠ نظير منهم حوالى ٣٠٠ نظير مستقر أى غير مشع والباقى نظائر مشعة .

قانون التربيع العكسى

يطبق قانون التربيع العكسى فى مجالات عدة ومنهـا مجال القياسات الضوئية حول المصادر الضوئية • كمـا يطبق على انتشار الموجات الكهرومغناطيسية (أشعة آكس وأشعة جاما) والنيترونات السريعة ويطبق كذلك عـلى انتشار جسيمات بيتا•ولا يطبق علىأشعة الفا نظرا لصغر مدى هذه الجسيمات فى المواد المختلفة • وكذلك لا يطبق على الجسيمات المنشطرة وانما يطبق على الاشعاعات الصادرة منها •

ويتلخص هذا القانون فى أن كمية الاشعاع الصادرة من مصدر مشع تنتشر فى جميع الاتجاهات • بحيث تكون النسبة بين كمية الاشعاع على بعد متر الى كمية الاشعاع على أى بعد كالنسبة بين المتر المربع الى مربع المسافة عند أى بعد •

فاذا كان المصدر فى الوضع الأول على بعد متر تكون كمية الاشعاع على بعد مترين هى الربع وكمية الاشعاع على بعد ٣ متر هى التسع وكمية الاشعاع على بعد خمسة متر هى ٤/١٠٠ من الكمية على بعد متر وهلم جرا •

ولهذا يعتبر هذا القانون من القوانين الأساسية فى الوقاية من الاشعاع ·

وعليه عند دخولنا الى مكان به اشعاع علينا أن نكون بعيدين أكبر ما يمكن من المصدر ونلاحظ قراءة جهاز قياس الاشعاع ، ونقترب من المصدر بحذر شديد مع متابعة قراءة جهاز الاشعاع · وذلك حتى لا نتعرض الى جرعة لا ضرورة لها ويكون التعرض لأقل ما يمكن ·

التعرض الكلى

العلاقة بين التعرض الكلى ومعـــــدل التعرض علاقـة تناسبية الا اذا كان نصف عمر المصدر المشع صغيرا جدا .

وكما سبق ذكره يمكن تقدير معـــدل التعرض بين معرفة ثابت جاما للعنصر المشع ومن معرفة قوة المصدر بالكورى أو البكرل .

ووحدة التعرض الكلى هى الرونتجون .

والرونتجون هو حاصــــل ضرب معـــدل التعــرض (الرونتجون لكل ساعة) فى زمن التعرض بالساعات .

وحتى يكون التعرض أقل ما يمكن يجب أن يكـــون زمن التعرض أقل ما يمكن .

ويعتبر هذا القانون من القوانين الهامة فى مجــــال الوقاية من الاشعاع المؤين .

فعلى سبيل المثال عند دخول منطقة عمل بها مصادر اشعاعية لا بد من توفر الاشارات اللازمة لتعريف الداخل الى المنطقة بالمنسوب الاشعاعى عند المدخـــل والتوزيـــع التعرضي عند المواقع المختلفة داخل المنطقة ومواقع المصدر المشع والزمن المسموح به للتواجد بالمنطقة .

الحواجز الواقية من الاشعاع

تعمل الحواجز الواقية من الاشعاع على امتصاص جزء من (أو كل) طاقة وكمية الاشعاع ٠

ويعتبر الرصاص والخرسانة من أنسب المواد فى تقليل كمية أشعة آكس وأشعة جاما ٠

ويعتبر الماء والخرسانة من أنسب المواد لتقليل كمية النيترونات ٠

ويعتبر الالومنيوم والبلاستيك من أنسب المواد لامتصاص أشعة بيتا ٠

ويعتبر الورق أو الشرائح الرقيقة من البلاستيك من أنسب المواد لامتصاص أشعة الفا ٠

وكما سبق ذكره فان السمك اللازم لتقليل كمية الاشعاع الى النصف يعرف بطبقة سمك النصف (*) ٠

(*) يستخدم حاليا فى انجلترا طبقة سمك العشر وهو السمك اللازم لتقليل الاشعاع الى العشر وهذا السمك = ٣ر٢ سمك النصف لاشعة كوبالت ٦٠ = ٤ سم رصاص ٠

ونحتاج الى طبقتين من سمك النصف لتقليل الاشعاع الى الربع .

ونحتاج الى ٣ طبقات من سمك النصف لتقليل الاشعاع الى الثمن .

ونحتاج الى ٤ طبقات من سمك النصف لتقليل الاشعاع الى ١/١٦ من القيمة الاولى .

ونحتاج الى ٥ طبقات من سمك النصف الى تقليل الاشعاع الى ٣ر٢٥٪ من القيمة الاولى .

وعموما نحتاج الى ٧ طبقات من سمك النصف لتقليل الاشعاع الى أقل قدر ممكن ويزداد السمك بزيادة كمية الاشعاع كما هو الحال فى المفاعلات النووية .

وتعتبر الحواجز الواقية من أهم وسائل الوقاية من الاشعاع .

هذا ولابد الاشارة الى ان زيادة طاقة الفوتون أو الجسيم يستلزم زيادة فى سمك الدرع الواقى من الاشعاع .

وتوجد علاقة بين معامل الامتصاص للمواد وطبقة سمك النصف للفوتونات وهذه العلاقة هى :

معامل الامتصاص مضروبا فى سمك النصف = مقدار ثابت ويعرف معامل الامتصاص بأنه معامل التوهين الاشعاعى وكلما زاد سمك النصف قل معامل الامتصاص ، وكلما زاد معامل الامتصاص قل سمك النصف • ويقدر معامل الامتصاص لاشعة جاما الصادرة من مصدر كوبالت ــ ٦٠ المشع بحوالى ٦ر٠ لكل سم •

التعرضات

تقسم التعرضات الاشعاعية الى تعـــرض خارجى وتعرض داخلى ٠

والتعرض الخارجى يعرف بأنه تعرض الافراد الى الاشعاع من مصـــادر مشـــعة خارج الجسم ويكتفى بالوسائل سالفة الذكر للوقاية ٠

والتعرض الخارجى يعرف بأنه تعرض الافـراد الى الاشعاع من مصادر مشعة داخل الجسم ٠ وكما ســبق ذكره تصل المصادر المشـــعة الى داخـــل الجسم عن طريق :

١ ــ الجهاز الهضمى ٠

٢ ــ الجهاز التنفسى ٠

٣ ــ الجروح والحروق والتشققات ٠

وللوقاية من التعرضات الداخلية يجب استخدام :

١ ــ الاقنعة الواقية ٠

٢ ـ الملابس الواقية ٠

٣ ـ منع تناول طعام تلوث بالاشعاع ٠

هذا بالاضافة الى وسائل الوقاية سالفة الذكر ٠

وعند حساب الجرعة الاشعاعية للافراد تجمــــع الجرعة الاشعاعية الناتجة من التعرضات الخارجية عـلى الجرعة الاشعاعية الناتجة من التعرضات الداخلية ٠

وتكون الجرعة أقل ما يمكن عندما يكون التعـرض الخارجى أقل ما يمكن ويكون التعرض الداخلى كذلك أقل ما يمكن أيضا ٠

وحدة الجرعة الممتصة ـ الراد

والراد كلمة أجنبية أصلها Rad وهي بدورها عبارة عن الاحرف الاولى من ثلاثة كلمات هي
Radiation Absorbed dose .

والراد هي وحدة الجرعة الممتصة وهي ناتج قسمة طاقة ممتصة مقدارها ١٠٠ ارج على وحدة كتلة مقدارها واحد جرام .

والارج وحدة طاقة صغيرة جدا وهي ١/١٠ من المليون من الجول وتصل الى مليون المليون الالكترون فولت .

وكما سبق ذكره فان الاشعاع كم وكيف ونحسب الطاقة الممتصة من حاصل ضربه عدد الفوتونات مثلا × طاقة كل فوتون .

أو عدد الجسيمات المشحونة × طاقة الجسيم المشحون .

أو عدد الجسيمات المتعادلة (النيترونات) × الطاقة الممتصة فى الجرام .

وحدة الجرعة الممتصة ـ الجراى

والجراى كلمة أجنبية أصلها Gray وهـو اسم عالم من علماء فيزياء الاشعاع اهتم بدراسة توزيع الجرعة فى المواد .

والجرى كالراد وحدة للجرعة الممتصة تســتخدم حديثا وهو خارج قسمة الطاقة (بالجول) على وحــدة الكتل (كيلو جرام) .

أى أن الجراى الواحد = ١٠٠ راد .

وبالنسبة الى مشتقات الجراى يستخدم الملى جراى وهو الواحد من الالف من الجراى والميكرو جراى وهـو الواحد من الألف الملى جراى أى واحد من المليون من الجراى

وهناك علاقة تقريبية بين التعرض فى الهــواء ووحدته الرونتجون والجرعة الممتصة فى الأنسجة والخلاياء ووحدتها الراد .

وهذه العلاقة تقول ان الرونتجون = ٩٦/١٠٠ من الراد ٠

ولهذا يمكن القول ان الرونتجون هو الراد تقريبا ٠

والريم كلمة أجنبية واصلها Rem وهى كلمة تتكون من الاحرف الاولى من الجملة
Radiation equivalent man

والسبب في استحداث هذه الوحدة هو التأثيرات البيولوجية المختلفة للاشعاعات المختلفة .

ولقد توصل علماء بيولوجيا الاشعاع الى الآتى : ـ

واحـــد راد من النيترونات له تأثير بيولوجى ١٠ أمثال واحد راد من أشعة جاما .

١ راد من البروتونات له تأثير بيولوجى ١٠ أمثال ١ راد من أشعة جاما .

١ راد من أشعة الفا لها تأثير بيولوجى ٢٠ مثـل ١ راد من أشعة جاما .

١ راد من أشـــعة بيتـــا لها تأثير بيـــولوجى مثل ١ راد من أشعة جاما .

ويطلق على هذه النسبة المعامل البيولوجى النسبى أو المعامل الكيفى .

وعليه فان الجرعة المكافئة = الجرعة الممتصة × المعامل الكيفي أى أن واحد ريم = واحد راد × المعامل الكيفي وكما سبق ذكره فان الجرعة المكافئة الكلية = الجرعة المكافئة الكلية من الاشعاعات المختلفة.

كما أن الجرعة المكافئة الكلية = الجرعة المكافئة من التعرضات الداخلية بالاضافة الى الجرعة المكافئة من التعرضات الخارجية ٠

هذا بالاضافة الى أن الجرعة المكافئة الكلية = معدل الجرعة المكافئة مضروبا في زمن التعرض ٠ ووحدة معدل الجرعة المكافئة هو الريم لكل ساعة ٠

كما أستحدث العلماء وحدة الجراى للجـــرعة المتصة فقد استحدث العلماء وحدة السيفرت للجـرعة المكافئة ٠ وعليه :

فان وحدة الجرعة المكافئة بالسيفرت = وحـــدة الجرعة الممتصة بالجراى مضروبا فى العامل الكيفى ٠

وعليه فان السيفرت = ١٠٠ ريم ٠

ومشتقات السفرت هى الملى سيفرت = ١/١٠٠٠ من السيفرت ٠

والميكروسيفرت = ١/١٠٠٠ من الملى سيفرت أى الواحد من المليون من السيفرت ٠

وللعلم فان حد الجرعة المكافئة المؤثرة للمهنيين = ٥٠ ملى سيفرت (٥ ريم) وللأفــراد من الجمهــور = ٥ ملى سيفرت وعليه يكون معدل الجرعة المكافئة المؤثرة = ٢٥ ميكرو سيفرت فى الساعــة للمهنيين والى ٢ر٥ ميكروسيفرت فى الساعة للافراد من الجمهور ٠

وفى حالة حادثة حريق مفاعل تشيرنوبل الروسى زاد التركيز الاشعاعى بالدول المجاورة ووصل معـــدل الجرعة المكافئة المؤثر = ٢٥ ميكروسيفرت فى الساعة بعد يومين من بدء الحادثة ثم قل التركيز الاشعاعى فقلت الجرعة المكافئة .

٥ ـ السلامة فى مجال الاشعاع

يمكن تصنيف اسس السلامة فى مجال الاشعاع(★) الى مجالين وهما :

١ ـ السلامة الاشعاعيـة ٠

٢ ـ السلامة الهندسية ٠

والمجال الاول يهتم بتطبيق قواعـد الوقاية مـن الاشعاع سالفة الذكر ٠

ويهتم المجال الثانى بتطبيق القواعد الهندسـية خلال عمليات التصميم ـ التشغيل وعند ازالة المنشآت النووية وخلال عمليات نقل المواد المشـعة وعمليـات التخلص من المواد المشعة ٠

واسس السلامة العامة هى :

(★) مثل المؤلف مصر كخبير فى اجتماعات الوكالة الدوليـة للطاقة الذرية فى اعداد سلسلة السلامة رقم ٩ بعنوان معايير السلامة لاغراض الوقاية من الاشعاع ، النمسا ، ١٩٨٢ ٠

١ – تبرير الممارسة الاشعاعية ·

٢ – الوقاية الامثل ·

٣ – تطبيق نظام حد الجرعة ·

وتقوم الجهة المسئولة فى الدولة بالتأكد من تطبيق اسس السلامة · والوضع الحالى فى جمهورية مصر العربية هناك أكثر من جهة مسؤلة عن التنفيذ وذلك بناء على القانون رقم ٥٩ لسنة ١٩٦٠ والجهة الأولى هى وزارة الصحة وهى مسئولة عن التنفيذ بالنسبة الى المصادر المشعة المغلقة والاجهزة التى تنبعث منها اشعاعات مؤينة ·

والجهة الأخرى هى هيئة الطاقة الذرية وهى مسئولة عن التنفيذ بالنسبة الى المفاعلات والمصادر المفتوحة ·

الترخيص الشخصى

تمنح وزارة الصحة أو هيئة الطاقة الذرية المصرية ترخيصا شخصيا بعد أن يقـــدم ما يفيد حضوره دورة تدريبية فى مجال استخدامات المصادر المشعة (المغلقة أو المفتوحة) من جهة علمية أو من هيئة الطاقة الذرية .

ويقوم المركز الاقليمى للنظائر المشعة التابع لهيئة الطاقة الذرية بعقد دورات تدريبية بصفة دورية حيث يدرس الطالب محاضرات نظرية وكذلك يقوم باجـــراء تجارب تحت اشراف متخصصين من هيئة الطاقة الذرية .

الترخيص المكاني

تمنح وزارة الصحة أو هيئة الطاقة الذرية ترخيصا مكانيا بعد أن يتقدم الطالب بطلب بذلك ويجهز المكان الملائم وقبل دخول المصدر المشع به .

ويقوم الفيزيائي الصحي بزيارة المكان والتأكد من أنه ملائم للغرض المطلوب . ويقوم الفيزيائي الصحي بزيارة المكان بعد دخول المصدر المشع به ويجرى القياسات الاشعاعية (المسح الاشعاعي) حول المكان . ويرفع الفيزيائي الصحي تقريرا الى المسؤلين .

وتمنح اللجنة الفنية للوقاية من الاشعاع بوزارة الصحة التراخيص اللازمة للمصادر المغلقة والأجهزة التى تنبعث عنها اشعاعات مؤينة .

تبرير الممارسة

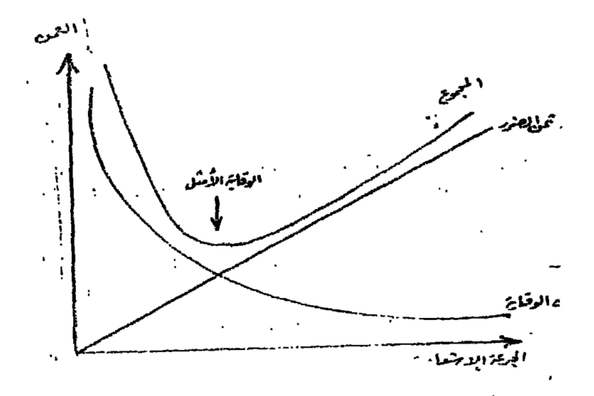
على طالب الترخيص المكانى أن يقدم الى الجهة المسئولة ما يفيد تبرير الممارسة وأن هناك فائدة نهائية من الممارسة ٠

ويمكن استخدام العلاقة التالية :

الفائدة النهائية = الفائدة الكلية ــ ثمن الانتاج ــ ثمن الوقاية ــ ثمن الضرر ٠

ويطلق على هذه العلاقة بعلاقة تحصيل الثمن ــ الفائدة ٠

ويعرف ثمن الوقاية بالمبالغ المطلوبة للحصول على أجهزة الوقاية والحواجز الواقية والاقنعة والملابس الواقية، ويعرف ثمن الضرر بأنه المبالغ التى تخسرها نتيجة تدريب واعداد الافراد ثم وفاتهم وعدم الاستفادة منهم ٠



شكل (١١) تطبيق مبدأ « كل التعرضات الاشعاعية تكون لأقل ما يمكن التوصل له بالمعقول مع الأخذ في الاعتبار النواحي الاجتماعية والاقتصادية»

الوقاية الأمثل

على طالب الترخيص أن يقدم الى الجهة المسـئولة ما يفيد بأن كل التعرضات الاشعاعية تكون لأقل ما يمكن التوصل له • وهذا المبدأ يعرف بمبدأ ALARA مع الاخذ فى الاعتبار النواحى الاجتماعية والاقتصادية •

ويكون التعرض لأقل ما يمكن عندما تتسـاوى النسبتان : ـ

التغير فى ثمن الوقاية	=	التغير فى الجرعة الاشعاعية
التغير فى الجرعة الاشعاعية		التغير فى ثمن الضرر الاشعاعى.

ويطلق على هذه النسبة بمعامل الفا factor

وتقدر قيمة هذه المعـامل فى الولايات المتحـدة الامريكية ١٠٠٠ دولار لكل ريم -

وتختلف قيمة المعامل من بلد الى آخر •

طبقا لتوصيات رابطة الوقاية من الاشعاع الدولية فان هناك حد للجرعة الاشعاعية للمهنيين .

وهنـــاك حـد آخر للجرعة الاشعاعية للافراد من الجمهور والسبب فى ذلك أن عدد المهنيين محدود ويمكن متابعتهم صحيا ولكن الافراد من الجمهـور عددهم كبير جدا .

١ ـ حد الجرعة للمهنيين .

ويعرف المهنيون بأنهم الأفراد الذين يتعرضـــون للاشعاع خلال عملهم .

وحد الجرعة لهم = ٥ ريم فى السنة = ٥٠ ملى سيفرت فى السنة ولما كان هناك ٥٠ اسبوع عمل فى السنة .

لذا فان حد الجرعة الأسبوعى = ١٠٠ ملى ريـم فى الأسبوع = ١ ملى سيفرت فى الاسبوع وحد الجرعة لكل ساعة = ٢ر٥ ملى ريم فى الساعة = ٢٥ ميكرو

سيفرت فى الساعة وذلك بفرض ٤٠ ساعة عمل لكل أسبوع ٠

٢ ـ حد الجرعة للافراد من الجمهور ٠

ويقصد بالافراد من الجمهور هم الافراد غير المهنيين وكذلك الافراد الذين لا يتعرضون للاشعاع بسبب المرض ٠

وحد الجرعة للافراد من الجمهور = ١/١٠ حد الجرعة للمهنيين أى ½ ريم فى السنة أى ٥٠٠ ملى ريم فى السنة ٠ أى ٥ ملى سيفرت فى السنة ٠

ولابد للاشارة أن هذه الحدود للتعرضات الخارجية والداخلية معا ٠ كما أن هذه التعرضات لا تشتمل على التعرضات للاشعاعات بالطبيعة (اشعاع الخلفية الطبيعى) ٠

٦ ـ التعرضات الاشعاعية

يرى خبراء الوقـــاية من الاشعـــاع أن التعرضات الاشبعاعية يمكن تقسيمها الى ٤ مجموعات وهى :

١ ـ التعرضات المهنية •

٢ ـ التعرضات الطبية وهى التعرضات التى تتم بناء على توصية من الطبيب للتشخيص أو العلاج •

٣ ـ تعرضات الافراد من الجمهور عدا التعرضات الطبية •

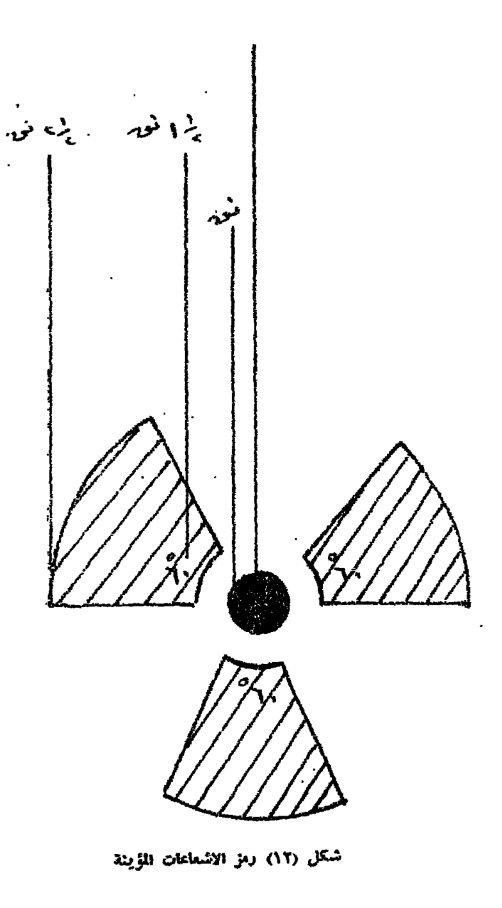
٤ ـ التعرضـــات الاشعاعية عنـــد الحـــوادث والطوارىء •

التعرضات المهنية

بالاضافة الى ضرورة تطبيق مبدأ تبرير الممارسة والوقاية الامثل يجب تطبيق نظام حد الجرعة . ويمكن تقسيم الافراد (المهنيين) وأماكن العمل طبقا للجرعة الاشعاعية السنوية .

يصنف الافراد الى ٣ مجموعات .

١ ـ المجموعة التى قد تتعرض لجرعة أكبر من $\frac{٣}{١٠}$ الجرعة السنوية ويجب خضوعهم الى الاشراف الطبي وتزويدهم بأجهزة قياس الجرعة الشخصية .



شكل (١٢) رمز الاشعاعات المؤينة

٢ ـ الافراد المحتمل تعرضهم لجرعة تزيد عن $\frac{١}{١٠}$ الجرعة السنوية وأقل من ٣/١٠ الجرعة السنوية.ويجب قياس المنسوب الاشعاعى دوريا وعمل فحوص طبية لبعض العاملين وتزويد بعض العاملين بأجهزة قياس الجرعة الشخصية .

٣ ـ الافراد المحتمل تعرضهم لجرعة أقل من ١/١٠ من الجرعة السنوية ويعاملون معاملة الافراد من الجمهور.

ويمكن تصنيف أماكن العمل الى ثلاثة مناطق :

١ ـ مناطق تحت السيطرة حيث تصل الجرعة السنوية الى أو تزيد عن ٣/١٠ من الجرعة السنوية.ويجب تحديد أماكن الدخول والخروج من هذه المناطق ولابد من توفر أجهزة القياس وتحديد زمن التواجد ووجود علامات بارزة واضحة توضح المنسوب الاشعاعى ووجود المصدر المشع .

٢ ـ مناطق تحت الاشراف حيث تقل الجرعة الاشعاعية عن ٣/١٠ من الجرعة السنوية ويجب توفر أجهزة القياس ووجود علامات واضحة توضح نوع المصدر والمنسوب الاشعاعى .

٣ ـ مناطق العمل الادارى ولا تحتاج الى وجود أجهزة أو علامات واضحة .

تستخدم المصادر المشعة والاجهزة التى تنبعث منها اشعاع مؤين (مثل ماكينات الاشعة السينية والمعجلات النووية) فى التشخيص والعلاج الطبى .

وفى هذه الحالة يجب تطبيق مبدأ تبرير الممارسة والوقاية الامثل ولا يطبق نظام حد الجرعة على المرضى .

ولقد ظهر نوع جديد من أنواع الفيزياء الاشعاعية هو فرع دوزميترى (علم قياس الجرعة) المرضى ويهتم هذا الفرع بأن تكون التعرضات الطبية لاقل جرعة ممكنة وعدم تعرض الانسجة والخلايا السليمة للاشعاع .

ويجب على المريض ابلاغ الطبيب بالتعرضات الطبية السابقة حتى يقرر الطبيب حاجـة المريض الى تعرض اشعاعى جديد أو الاكتفاء بالتعرضات السابقة .

كما سبق ذكره أن هذه التعرضات لا تشتمل على التعرضات الطبية • ويمكن أن تعرف هذه التعرضات بأنها التعرضات الزائدة بفعل التطور التكنولوجي ومنها على سبيل المثال :

١ ـ نتيجة السفر بالطائرات (٥ ميكرو سيفرت لكل ساعة طيران) •

٢ ـ مشاهدةالتليفزيون وشرائط الفيديو واستخدام أجهزة عرض • (عشرة ميكرو سيفرت فى السنة لكل ساعة مشاهدة يوميا) •

٣ ـ التساقط الاشعاعى من التفجيرات النووية • (عشرة ميكرو سيفرت فى السنة) •

٤ ـ التعرض للاشعاع المنطلق من مواد البناء (واحد ملى سيفرت فى السنة) •

٥ ـ نتيجة تشغيل المحطات النووية • عشرة ميكروسيفرت فى السنة •

التعرضات عند الحوادث والطوارئ

تعرف هذه التعرضات بأنها تعرضات غير عادية والحالة الطارئة هي الحالة التي تتطلب تطوع من الافراد للتعرض الاشعاعي وذلك لعمل مخطط له وذلك لانقاذ شيء هام أو لوقف خطر · وفي هذه الحالة يسمح بتعرض الافراد الى جرعة اشعاعية تصل الى ضعف الجرعة السنوية · ويمكن تكزار هذه الجرعة ٤ مرات خلال العمر ·

وتعرف الحودات بأنها الحالات التي لا يمكن التنبؤ بها كما في حالة مفاعل جزيرة الثلاثة أميال وسقوط قنبلتي هيروشيما ونجازاكي ·

٧ ـ بعض مصادر الاشعاع
الاشعاع بالطبيعة

يتعرض الافراد الى الاشعاع المؤين بالطبيعة ويمكن تصنيف مصادر الاشعاع بالطبيعة الى :

١ ـ الاشعة الكونية وهي أشعة صادرة من الكون وتصل الى كل مكان على سطح الأرض وتكون أقل ما يمكن فى مستوى سطح البحر ويزيد معدل التعرض مع الارتفاع عن سطح البحر • كما يكون التعرض أقل ما يمكن عند خط الاستواء وتزيد الجرعة كلما بعدنا عن خط الاستواء •

ويمكن تقسيم الاشعة الكونية الى أشعة كونية أولية وأشعة كونية ثانوية وتصل الى سطح الأرض الاشعة الكونية الثانوية • وتشتمل الاشعة الكونية الثانوية على الكترونات وبروتونات ونيترونات •

ويبلغ معدل التعرض للاشعة الكونية بمصر ٣٠٠ ميكرو سيفرت سنويا •

٢ ـ الاشعاع الأرضى وهي أشعة تنبعث من سلسلة

اليورانيوم وسلسلة الثوريوم وهى عناصر ثقيلة مشعة وتنطلق منها جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما هذا بالاضافة الى البوتاسيوم – ٤٠ الموجود أيضا فى التربة ٠

ويبلغ معدل التعرض للاشعاع الارضى بمصر حوالى ٤٠٠ ميكرو سيفرت سنويا ٠

٣ – كما يتعرض الافراد الى اشعاع مؤين بالهواء وكذلك اشعاع مؤين عن طريق الغذاء ٠

ويبلغ معدل التعرض لهذا النوع من الاشعاع بحوالى ٢٠٠ ميكرو سيفرت سنويا ٠

٤ – يتعرض الافراد الى الاشعاع المؤين الصادر عن مواد البناء وتشتمل مواد البناء على اليورانيوم والثوريوم ونواتج تحولاتهم النووية وكذلك البوتاسيوم – ٤٠ وهذا النوع من الاشعاع طبيعى الا أننا نتعرض له بفضل التطور التكنولوجى ٠

وعموما يصل معدل التعارض السنوى للأفراد من الجمهور من الاشعاع الطبيعى حوالى ١٠٠٠ ملى سيفرت فى السنة فى مصر ٠ ويصل الى ١٫٨٠ ملى سيفرت فى السنة فى انجلترا أو البلاد الباردة وذلك بسبب ندرة تهوية المنازل للحفاظ على الطاقة ويتسبب ذلك فى زيادة التركيز الاشعاعى بالمنازل ٠

تستخدم ماكينات الاشعة السينية في التشخيص والعلاج وتعتمد الجرعة الاشعاعية التي يتعرض لها الافراد على العوامل التالية :

١ ـ الجهد الكهربى ٠

٢ ـ تيار الانبوبة ٠

٣ ـ زمن التشغيل

٤ ـ المسافة بين أنبوبة الاشعة والفرد ٠

فيزيد التعرض بزيادة الجهد الكهربى وبزيـــادة تيار الأنبوبة وزيادة زمن التشغيل وتقل بزيادة المسافة بين انبوبة التشغيل والمريض ٠

وفى حالة التشخيص يكون التعرض لأقل ما يمكن من الاشعاع وفى حالة العلاج يكون التعرض أكبر ما يمكن للعضو أو النسيج المراد علاجه ٠

وفي العادة يقسم الاشعاع الصادر عن ماكينـــة الاشعاع السينية الى اشعاع مباشر واشبـــعاع مشتت ٠

ويستخدم الاشعاع المباشر فى علاج المريض • ويجب الوقاية من الاشعاع المشتت • وتستخدم الدروع الواقية للوقاية من الاشعاع المشتت كما يستخدم الاطباء والفنيون دروع واقية لحماية أنفسهم •

كما تستخدم ماكينات الأشعة السينية فى اختبارات الجودة والفحوص اللا اتلافية للخامات والمعادن واختبارات اللحام خاصة بالنسبة الى جسم السفن والأنابيب المعدنية •

ولقد استحدث فى المجال الطبى ماكينات اشعة سينية خاصة تعرف بأشعة المقطع المحورية وهذه الاجهزة مزودة بكومبيوتر وتتحرك كل من أنبوبة الاشعة والكاشف الاشعاعى (الوميضى) على محور مركزه العضو المراد تشخيصه •

الكوبالت عنصر من العناصر المتوسطة وله عدة نظائر مثل النظير ـ ٥٩ المستقر والمتوفر بالطبيعة وله نظائر مشعة مثل النظير ـ ٦٠ • وللتفرقة بين هذه النظائر يجب ذكر رقم النظير أمام اسم العنصر (الكوبالت) •

ويتولد النظير كوبالت ـ ٦٠ نتيجة عمليات الاسر النيتروني • أى يوضع الكوبالت المتوفر بالطبيعة بقلب المفاعل النووى ويتحول النظير غير المشع الى نظير مشع •

وكما سبق ذكره أن هذا النظير المشع يتم تحولات نووية باطلاق جسيمات بيتا • فتتحول نواة هذا النظير المشع الى نواة عنصر النيكل المثارة • والتى تنطلق منها اشعاعات جاما عالية الطاقة ١٧ر١ و ٣٣ر١ مليون الكترون فولت •

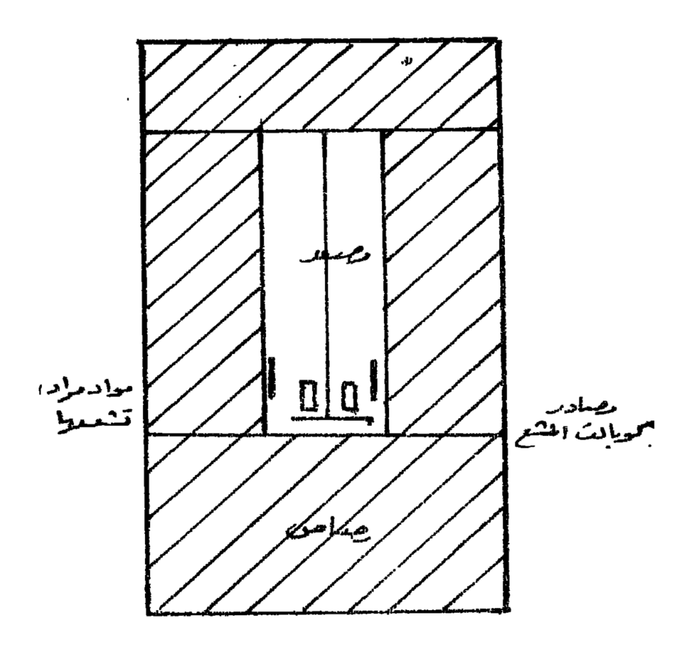
ويتميز الكوبالت المشع بطول نصف العمر ٢٦ر٥ سنة وكذلك ثابت جاما عالى ٢٩ر١ (رونتجون لكل ساعة) لكل كورى على بعد متر من المصدر •

ويستخدم الكوبالت المشع فى علاج الاورام

السرطانية العميقة وذلك باستخدام مجموعة من مصادر الكوبالت المشع موزعة بطريقة هندسية داخل اسطوانة مفرغة من الداخل ومدرعة بالرصاص من الخارج ـ بحيث يصل الاشعاع الى المنطقة المراد علاجها فى العمق ٠

كما يستخدم الكوبالت المشع فى فحص اللحـــام والعمليات الصناعية ٠

وتستخدم مصادر ذات قوة نشاط اشعاعى منخفضة لمعايرة الاجهزة وفى التجارب التى يقوم بها الطلبة خلال الدروس العملية ٠



شكل (١٣) منظر عام لوحده الكوبالت المشع

يطلق مصطلح وحدة الكوبالت على نظـام هندسى كندى (تصنعه الطاقة الذرية بكندا) • وهذا النظـام يتكون من اسطوانة من الرصـــــاص سميكة مجوفة من الداخل • وبالقرب من ⅓ الاسطوانة الســـفلى توجـد مصادر الكوبالت المشع وهى على شكل أبر طويلة موزعة على شكل دائرة • وعلى طول المسافة من مركز المصـادر وحتى قرب قمة الاسطوانة الرصاصية يتحرك مصـــعد صغير كهربيا •

هذا بالاضافة الى وجود تدريع رصاص أســـفل منطقة تواجد المصادر المشعة وكذلك هناك تدريع رصاص عند قمة الاسطوانة الرصاصية • كمـا أن الجهاز مزود بميقات لتحديد زمن التعرض ولا يعمل الجهـــاز بدون الميقات (الكهربى) •

ولقد استخدم الباحثون هذا التكوين لعمل دراسات وبحوث فى مجال تأثير أشعة جاما على المواد المختلفـــة واستخدم هذا التكوين فى دراسات الفيزياء والكيميـاء وعلوم الحياة والعلوم الهندسية •

ويتميز هذا التكوين بأن الشركة المصنعة تضع فى الاعتبار أن يكون سمك الرصاص بالاسطوانة كافيا لوقاية العاملين عند بدء التصنيع • وكما سبق ذكره أن الكوبالت ـ ٦٠ عنصر مشع يتميز بنصف عمر مقداره ٥ر٢٦ سنة أى أن النشاط الاشعاعى يقل الى النصف بعد خمس سنوات والى الربع بعد ١٠ سنوات والى الثمن بعد ١٥ سنة تقريبا •

ويوجد من وحدات الكوبالت المشع العديد فى مركز البحوث النووية وفى المركز القومى لبحوث وتكنولوجيا الاشعاع والمركز الاقليمى للنظائر المشعة •

وأخيرا يطلق لفظ وحدة الكوبالت على هذا التكوين لان الشركة المصنعة تكرر تصنيع هذه الوحدات وتصدرها الى دول العالم •

وحدة جاما التشعيعية

توجد فى جمهورية مصر العربية وحدة كوبالت ــ ٦٠ التشعيعية العملاقة فى المركــز القــومى لبحوث وتكنولوجيا الاشعاع بمدينة نصر . حيث تصل قــوة النشاط الاشعاعى لمصادر الكوبالت بالوحدة الى ٤٠٠ ألف كورى . كما توجد وحــدة أصــغر فى مستشفى الملك فيصل التخصصى ومركز الابحاث بالرياض بالسعودية .

وفى العادة توجد المصادر داخل حوض مائى كبير وعند تشغيل الوحدة ترتفع المصادر .

وتستغل هــذه الوحدة فى العمليات التشعيعية الكبيرة ومنها حفظ الغذاء والتعقيم والعمليات الأخرى .

وحدة خزن الوقود النووى

تستغل وحدة خزن الوقود النووى فى مبنى المفاعل النووى المصرى فى الدراسات والبحوث الخاصة بتأثير الاشعاع على المواد .

وكما هو معروف أن الوقود النووى يخزن فى حوض مائى وفى أماكن محددة .

ويقوم الفنيون بوضع المواد المراد دراستها داخل اسطوانة تغلق جيدا وتوضع فى الاماكن التى لا يوجد بها وقود نووى داخل الحوض المائى .

وكما هو معروف أن الوقود النووى قبل استخدامه فى قلب المفاعل عبارة عن يورانيوم مخصب (أى به نظير يورانيوم ٢٣٥ بنسبة أعلى من وجوده بالطبيعة) .

وعند تشغيل المفاعل تتم التفاعلات النووية وتنشطر نويات اليورانيوم مكونة جسيمات منشطرة وكما سبق ذكره فانها نظائر مشعة (تصل الى ١٠٠ نظير) وتنطلق منها اشعاعات مؤينة .

ولقد استغل العالم المصرى د. رضا عزام هذه

الوحدة فى عمل دراسات وبحوث فى مجال اســتحداث مركبات كميائية جديدة ذات صفات غير عادية ويستخدمها حاليا فى مجال تثبيت التربة والزراعة .

السيزيوم عنصر من العناصر المتوسطة وله عـــدة نظائر منها نظير ـ ١٣٣ وله عدد من النظائر المشعـــة أهمها نظير السيزيوم ـ ١٣٧ والذى تحصل عليه من نواتج انشطار اليورانيوم ٠ بعـد عمليـات استخلاص كميائية معقدة ٠

ويتميز هذا النظير بأن نصف العمر له ٣٠ سـنة وأن ثابت جاما له صغير (٣ر٠ رونتجون لكل ســاعة) لكل كورى على بعد متر من المصدر ٠ وتنطلق منه اشعاع جاما بطاقة مقدارها ٦٦ر٠ مليون الكترون فولت ٠

وتســـتخدم مصـــادر السيزيوم ذات النشاط الاشعاعى الضعيف فى التجارب المعملية والابحـــاث ٠ وتستخدم المصادر ذات النشاط الاشعاعى القـــوى فى مجالات اختبارات الجودة والكشف عن اللحام وتستخدم وحـــدات السيزيوم (مثـــل وحـــدات الكوبالت) فى الدراسات الخاصة بتأثير أشعة جاما على المواد ٠

وتستخدم كذلك فى عـــلاج الاورام السرطانيه ٠

وفى التطورات الحديثة فى علاج الاورام السرطانية تم استحداث أبر السيزيوم التى توضع داخـل الاورام السرطانية بعمليات جراحية خاصة وتترك بالمريض لعدة أيـام .

اليود غاز وله نظائر عديدة مستقرة وغير مستقرة ويستخدم اليود المشع فى التشخيص والعلاج وذلــك لصفاته الجيدة وأهمها تركيزه فى الغدة الدرقية .

كما أن اليود ينطلق كأحد نواتج الانشطار النووى ولكونه غاز يمكن أن ينتشر من موقع الى آخر .

ولما كان الجسم فى حاجة الى كمية معينــة مــن اليود واذا زادت الكمية عن هذا الحد . خرجت الكميــة الزائدة من المنافذ الطبيعية للجسم . لذا فان تنــاول كمية من مركبات اليود على صـــورة بودرة أو كبسولة يؤدى الى العمل على وقاية الافراد من اليود .

ويتميز اليود بصغر نصف عمره حيث يصل الى ثمانية أيام وتنطلق منه أشعة بيتا وأشعة جاما بطاقة منخفضة (٣٦ر٠ مليون الكترون فولت) .

فى حالة حادثة مفاعل تشيرنوبل الروسى اندفــع الاوربيون على المخــازن الكيمائية والصــيدليات لشراء مركبات اليود وتناولها .

وطبقا لتوصيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية .

١ - يتناول الافراد الذين تزيد اعمارهم عن سنة ١٣٠ ملجرام من ايوديد البوتاسيوم خلال اليوم الأول و ٦٥ ملجرام من ايوديد البوتاسيوم يوميا .

٢ - الاطفال أقل من سنة يكون تناولهم ٦٥ ملجرام من ايوديد البوتاسيوم يوميا .

ولا ينصح بتناول هذه المركبات لليود غير المشع بصفة مستمرة ولا يجب أن يزيد مجموع ما يتناوله الفرد عن جرام واحد (أى ١٥ يوم متتالى) . ويجب أن تتناول بناء على توصيات من وزارة الصحة .

الذهب عنصر مستقر فى الطبيعة ــ نظير الذهب ــ ١٩٧ وعندما تتم تفاعلات نيترونية مع الذهب ــ يتحول الى نظير ذهب ــ ١٩٨ ٠

والذهب المشع يتميز بصغر نصف العمر (أقـــل من ٣ أيام) وتنطلق منه أشعة بيتا ويتحول الى الزئبق وتنطلق أشعة جاما بطاقة منخفضة (٤ر٠ مليون الكترون فولت) ٠

ويستخدم الذهب فى عمليات التشخيص ٠

كما أن وجود الذهب المشع فى أى وسط لدليـــل على توفر النيترونات البطيئة فهـو يستخدم ككاشـــف للنيترونات ٠

الصوديوم المشع

الصوديوم متوفر فى ملح الطعام كما أنه متـــوفر فى الدم وللصوديوم نظيران مشعان . نظير صوديوم ـ ٢٢ والآخر نظير صوديوم ـ ٢٤ . الأول له نصف عمر طويل (سنتان تقريبا) والآخر له نصف عمر قصـــير (١٥ ساعة فقط) .

والصوديوم ـ ٢٤ هام جدا وذلك بسبب طاقـــة الفوتونات العالية ١٫٣٨ و ٢٫٨ مليون الكترون فولت .

كما أن وجود الانسان بالقرب من النيترونات يؤدى الى تحويل جزء من صوديوم الجسم المستقر الى صوديوم مشع . وهذا بدوره يحول جسم الانسان الى مصـــدر مشع .

كما يستخدم الصوديوم ككاشـــف للنيترونات وفى حادثة مفاعل تشيرنوبل أكد المسئولون عدم تعرض الافراد الى النيترونات لعدم اكتشاف الصوديوم المشع فى أجسام المتعرضين للاشعاع .

ابـر الراديوم

الراديوم جسم صلب متوفر بالطبيعة على شكـــل نظير مشع ويتولد نتيجة التحولات النووية التى تتم فى اليورانيوم وسلسلته .

والراديوم له نصف عمر طويل جدا (١٦٢٠ سنة) ويتحول الى غاز الرادون المشع (نصف عمر قصير جــدا = ٣ر٨ يوم) .

ولقد اســتخدم الراديوم (*) فى عــلاج الاورام السرطانية من مدة طويلة واستخدمت أبر الراديوم والتى توضع بعمليات جراحية داخل العضو المريض بجســم الانسان .

ونظرا للمشاكل التى تترتب من كسر هذه الابر

(*) استخدم الراديوم فى دهن الســاعات وعدادات الطائرات وذلك حتى يمكن رؤيتها فى الظلام . ونظرا للمشاكـــل الصحية التى أصابت العاملين فى هذه المهنة فقــد استبعد الراديوم ويستخدم حاليــا مصادر اشعاعية أخرى .

وبعثرة المواد المشعة (بودرة تـ منيسخوق) وعمليات التلوث التى يجب ازالتها • وكذلك نظرا لمشاكل تخزين هذه الأبر ، فقد تم استبعاد هـــذه الأبر فى عـلاج الاورام السرطانية فى الدول المتقدمة وتستخدم أبر السيزيوم بدلا منها •

الكاليفورنيوم ـ ٢٥٢

الكاليفورنيوم عنصر غير متوفر بالطبيعة ولقد تم التوصل اليه نتيجة التفاعلات النووية التى تتم باستخدام معجلات عالية الطاقة فى الولايات المتحدة وروسيا ٠

للكاليفورنيوم نظائر عديدة ومن أهمها النظير كاليفورنيوم ـ ٢٥٢ ٠ ويتميز هذا النظير بأنه مفاعل متحرك ٠ حيث تنشطر نواه الكاليفورنيوم الى نواتج انشطار وتنطلق نيترونات وأشعة جاما ٠

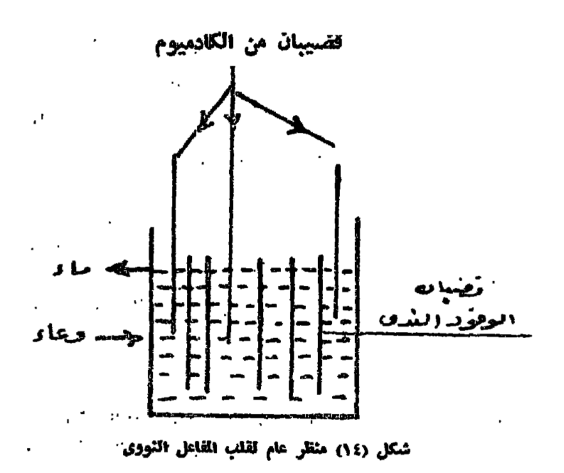
كما أنه يتميز بأن كل جرام من الكاليفورنيوم ينبعث منه ٢ مليون مليون نيترون فى الثانية ٠ أى أن كل ميكروجرام منه ينبعث منه ٢ مليون نيترون فى الثانية ٠

ويستخدم هذا النظير المشع كمصدر للنيترونات وكمصدر لأشعة الفا وكمصدر لنواتج الانشطار فى المختبرات والمعامل ومراكز البحوث ٠

كما تستخدم أبر الكاليفورنيوم ـ ٢٥٢ فى علاج الاورام السرطانية ـ حيث توضع الابر بعمليات جراحية فى الاماكن المصابة بجسم المريض ٠

الا ان أهم عيوب هذا النظير ـ صغر نصف العمر حيث يبلغ ٢٫٦٥ سنة فقط ٠

ومن المصادر النيترونية الاخـرى الموجـودة بمصر المصادر النيترونية المشعة مثل مصادر الراديوم ـ برليوم ومصادر امرسيوم ـ برليوم والمعجلات النووية مثل المولد النيتروني ومعجلات الابحاث ٠



شكل (١٤) منظر عام لقلب المفاعل النووى

يتكون المفاعل النووى أساسا من :

١ ـ وقود نووى ٠

٢ ـ مصدر للنيترونات ٠

٣ـ قلب المفاعل ٠

٤ ـ الدروع الواقية ٠

والوقود النووى عبارة عن يورانيوم ـ ثوريوم أو بلوتنيوم والأول والثانى يمكن الحصول عليهما بالطبيعة٠

والثالث تحصل عليه نتيجة التفاعلات النووية ٠

واليورانيوم له ٣ نظائر ، الاول نظير يورانيوم ـ ٢٣٨ (*) وهو متوفر بالطبيعة بنسبة كبيرة جدا (٩٩ر٢٪) والآحر اليورانيوم ـ ٢٣٥ (٧ر٪) والنظير الثالث متوفر بنسبة بسيطة جدا وغير هام ٠ وهذه النظائر ذات نصف عمر طويل جدا ٠

(*) العدد امام اسم النظير هو العدد الكتلى وهو مجموع عدد البروتونات والنيترونات بنواة العنصر ٠

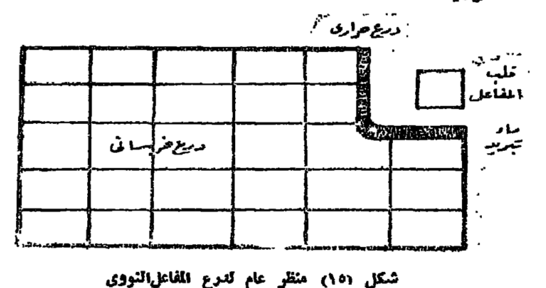
واليورانيوم ـ ٢٣٥ يتميز بقابلية عالية للانشطار مع ندرته بينما اليورانيوم ـ ٢٣٨ يتميز بقابلية منخفضة على الانشطار مع كثرته ٠

ولهذا تتم عمليات تخصيب لليورانيوم ـ ٢٣٥ للحصول على قدر مناسب من الانشطارات النووية ٠

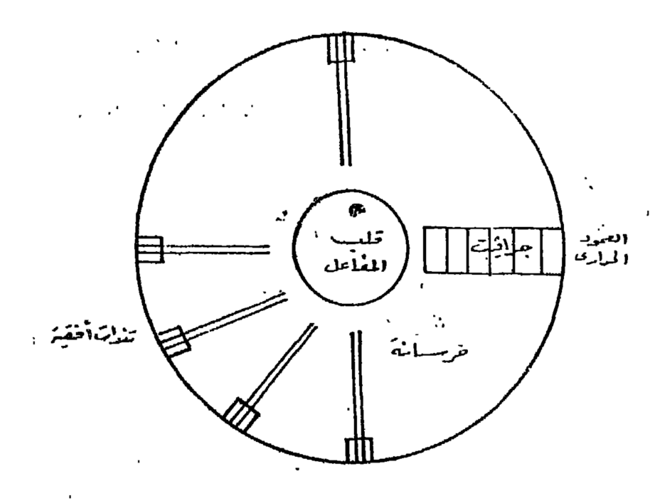
ـ ويحتاج الى مصدر النيترونات لاجراء التفاعلات النووية ٠

ـ يتكون قلب المفاعل من الوقود النووى والذى يكون على شكل اسطوانات طولية فى مجموعات تتميز بوجود مسافة محددة بين كل مجموعة وتوضع هذه الاسطوانات فى وعاء كبير به ماء حيث يعمل الماء كمهدئ للنيترونات الناتجة من الانشطارات النووية ٠

كما يعمل كمبرد للحرارة المصاحبة لهذه التفاعلات النووية



شكل (١٥) منظر عام لدرع المفاعل النووى



شكل (١٦) منظر عام للقنوات الافقية والعمود الحرارى لمفاعل نووى

ويوجد بقلب المفاعل قضبان سيطرة من الكادميوم. وتعمل هذه القضبان (عن طريق التحكم آليا أو يدويا) على امتصاص الزائد من النيترونات وذلك لضمان التشغيل السليم للمفاعل .

٤ ـ الدروع الواقية للمفاعل (درع حرارى ودرع خرسانى) والدروع الحرارية من الصلب وتعمل على تقليل درجة الحرارة بين قلب المفاعل والدرع الخرسانى . والدروع الخرسانية وهى ما تعرف بالدرع الحيوى (البيولوجى) . وتتميز الأخيرة بسمكها اللازم لتقليل الجرعة الاشعاعية الى مستوى الاشعاع القاعدى .

مفاعلات البحوث

تتميز مفاعلات البحوث بتوفر القنوات الأفقيــة والقنوات الرأسية • وكذلك العمود الحرارى •

والقنوات الأفقية عبارة عن أسطوانات مفرغة فى الدرع الخرسانى تفتح وتقفل بواسطة مفاتيح التشـغيل الكهربية • ويمكن للباحثين وضع أجهزة ومعدات اللازمة لاجراء التجارب أمامها • وتستغل القنــوات الأفقية فى اجراء تجارب فى مجال فيزياء النيوترونات والمفاعلات •

والقنوات الرأسية عبارة عن أسطوانات جافة أو رطبة رأسية وتستغل هذه القنوات فى وضع الكواشف النيترونية وكواشف اشعة جاما لاجراء القياسات الخاصة بالتوزيع التدفقى فى قلب المفاعل أو على أبعاد مختلفة من مركز المفاعل • كما توجد قناة رأسية خاصة تســتخدم لتشعيع العينات (عناصر مستقرة) وتحويلها الى مصادر مشعة تستخدم فى دراسات الفيزياء والكيمياء النـووية والتطبيقات المختلفة والعمود الحرارى عبارة عن قناة أفقية خاصة تتميز بوجود مكعبات من الجرافيت ذات مواصفات نقاوة خاصة وتتميز كذلك بوجود تدفق نيترونى حرارى عالى •

٨ ـ أدارة الطاقة الذرية

مركز البحوث النووية(*)

وفى جمهورية مصر العربية تبلغ قدرة مفاعل الابحاث ٢ ميجاوات ، وهذا المفاعل يتبع قسم المفاعل النووى بمركز البحوث النووية يستخدم المفاعل أساسا قسم طبيعة المفاعلات والنيترونات وقسم الكمياء النووية والاقسام الأخرى بمركز البحوث النووية مثل قسم الطبيعة وقسم البلازما والمعجلات والقسم الهندسى وقسم البيولوجيا وقسم الزراعة وعلوم الاراضى والقسم الهندسىوقسم الفلزاتوقسم النظائر المشعة هذا بالاضافة الى قسم الوقاية والدفاع المدنى .

(*) لمزيد من البيانات الاعلامية عن مركز البحوث النووية يرجع الى مجلة آخر ساعة ١٠/٧/١٩٨٦ .

ويضم هـــذا المركز أساسا مجموعـــة من وحدات الكوبالت المشع ووحدات السيزيوم المشع بالاضافة الى وحدة جاما التشعيعية · وفى هذا المركز أقسام للطبيعة الاشعاعية والكيمياء الاشعاعية والصيدلة وعلوم الحيـــاة بالاضافة الى قسم الوقاية وقسم الدوزيمتري (قيـــاس الجرعة الاشعاعية العالية) ·

هيئة الطاقة الذرية المصرية

تضم هيئة الطاقة الذرية المصرية كل من مركز البحوث النووية والمركز القومى لبحوث وتكنولوجيا الإشعاع والمعمل الحار وكذلك جهاز تنظيم الامان النووى .

والمعمل الحار يشتمل على مجموعة من المعامل ذات المواصفات العالية وذلك لاجراء التجارب المعملية الخاصة باستخلاص الخامات المشعة من الوقود النووى (سابق التشعيع) • ويشتمل المعمل الحار على مجموعة من الاقسام العلمية •

ويضم جهاز تنظيم الامان النووى بمجموعة من الاقسام خاصة بالمواقع والبيئة والامان الاشعاعى والوقاية وبحوث الاشعاع وتأكيد الجودة وتشغيل المفاعلات ونقل المواد المشعة والتراخيص •

مؤسسة الطاقة الذرية

كانت مؤسسة الطاقة الذرية الجهاز الذى يشتمل حاليا على :

١ ـ هيئة الطاقة الذرية وتتبع وزارة الكهرباء والطاقة حاليا •

٢ ـ هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء الحالية وتتبع وزارة الكهرباء والطاقة (مشروع مفاعلات القوى النووية السابق) •

٣ ـ هيئة المواد النووية •

وتهتم بالخامات النووية من ناحية البحث عنها واستخراجها ثم تصنيعها كوقود نووى •

٤ ـ المركز الاقليمي للنظائر المشعة ولا يزال يتبع هيئة الطاقة الذرية •

والأخير يهتم بعقد الدورات فى مجال استخدام النظائر المشعة والوقاية من الاشعاع • بالاضافة الى اجراء تجارب فى مجالات استخدام النظائر المشعة فى المجالات الخاصة بالمياه الأرضية ومجالات أخرى •

٩ ــ محطات القوى النووية لتوليد الكهرباء

الخطوة الأولى في توليد الكهرباء من محطات القدرة النووية والتقليدية في توليد بخار من تسخين المــاء • والاختلاف بين المحطات النووية والتقليدية في أنه بالمحطات التقليدية تتحرر الحرارة من حرق الوقود (الفحــم ــ الزيت ــ الغاز) ولكن في المنشــآت النووية تنطلق الحرارة من عمليات الانشطار النووى • يتم توليــد الحرارة بالانشطار النووى بطريقة منظمة في المفــاعل النووى •

تستخدم الحرارة بطريقة مباشرة لغلى المــاء داخل المفاعل أو بطريقة غير مباشرة عن طريق نقل الحرارة الى المــاء في المولد البخارى خارج المفاعل •

وعلى أى حال فان الغرض الرئيسى من المفــاعل وأجهزته المساعدة هو توليد بخار عند أعلى درجة حرارة وضغط محتملين •

وما أن يتولد البخار فان العمليات التالية واحــدة في كل من المحطات النووية والمحطات التقليدية • يدفع البخار التربين المتصل مع مولد كهربى • ففى التربين

يتحول جزء من حرارة البخار الى طاقة ميكانيكية للحركه الدائرية وفى المولد ، تتحول هــذه الطاقة الى طاقــة كهربية ٠

ويمر البخار المستهلك الخارج من التربين الى مكثف حيث يمرر ماء بارد خلال أنابيب تسبب تكثيف البخـار الى مـاء سائل ٠ ويخدم المكثف عدة أغراض عن طريق تكثيف البخار فان الضغط الخـارجى لمستهلك التربين قبل وفى نفس الوقت ، فان الحرارة المتبقية فى البخار تنزع عند درجة حرارة أقـل لمـاء المكثف البارد ٠

وأخيرا ، لان الماء المستخدم ذا المواصفات العاليـة (فى توليـد البخـار) يحتفـظ به بواسـطة تكثيف البخار ٠ ويعود السائل المكثف كمـاء تغذيـة الى المولد البخارى مرة أخرى ٠

ويعرف جلاستون وجوردون (١٩٨٢) الكفـاءة الحرارية للمحطة النووية بأنها النسبة التالية : ـ

$$\text{الكفاءة الحرارية} = \frac{\text{الطاقة الكهربية المتولدة}}{\text{الطاقة الحرارية}} \times ١٠٠$$

وتصل درجة حرارة البخار فى معظم المحطـــات التقليدية) الى ٥٧٠ درجة مئوية والكفاءة الحرارية الى (٤٠٪) هذا بالاضافة الى (١٠٪) تخرج مع حـــرق الغازات و (٥٪) ـ تفقد داخل المحطة ويترك (٤٥٪) من الحرارة الكلية تزال بواسطة المكثف أما فى المحطات النووية فان أقصى درجة حرارة للبخار تبلغ ٢٨٥ درجة مئوية وتصل الكفاءة الحرارية فى المتوسط الى ٣٣٪ ٠

ولا يوجد فقدان عن طريق المدخنة وتفقد (٥٪) داخل المحطة ويترك للمكثف ازالة (٦٢٪) من الطاقة الحرارية ٠

وفى تصميمات المفاعلات الحديثـــة يســـــتخدم الصوديوم السائل أو غاز الهليوم بدلا من المـاء كمبرد لنزع طاقة الانشطار وبذلك يحصل على درجات حـرارة بخار أعلى وكفاءة اعلى ·

السعة التصميمية لمحطة نووية هى مقياس لأقصى معدل لتوليد الكهرباء • ويعرف بدلالة الكيلو وات أو باستخدام الميجا وات • والميجا وات = ١٠٠٠ وات •

ومعظم المحطات التقليدية للتوليد ذات سعة أقل من ٣٠٠ ميجا وات من الكهرباء • ولكن المنشآت الحديثة (والتقليدية والنووية) ذات سعة فى حدود ١٠٠٠ ميجا وات أو أكثر •

ويطلق مصطلح معامل المحطة على النسبة بين المخرج الواقعى الى مخرج التصميم × ١٠٠ ولمعظم محطات القدرة الكبيرة فان معامل المحطة فى المتوسط وعلى طول سنة كاملة يصل من ٦٠ الى ٧٠٪ •

ويعبر عن كمية الكهرباء المستهلكة بدلالة الكيلو وات ساعة وتبلغ الكهرباء المستهلكة بفرض أن معامل المحطة ٧٠٪ لمدة ٢٤ ساعة يوميا لمحطة ذات قدرة ١٠٠٠ ميجا وات = ١٦٫٨ مليون كيلو وات ساعة من الكهرباء يوميا • وفى المتوسط يكفى هذا الاستهلاك متطلبات الاغراض السكانية والصناعية والتجارية لنصف مليون فرد فى الولايات المتحدة الامريكية •

تراخيص محطات القدرة النووية

طبقا للقانون رقم ٥٩ لسنة ١٩٦٠ فان هيئة الطاقة الذرية المصرية هى الجهة المسئولة عن اصدار تراخيص المفاعلات ٠

ولقد استحدث فى هيئة الطاقة الذرية جهاز التنظيم والامان النووى اعتبارا من عام ١٩٨٣ وذلك ليكون الجهة المسئولة داخل هيئة الطاقة الذرية لاصدار التراخيص اللازمة ٠ كما أن القانون رقم ٥٩ ينظم استخدام الاشعاعات المؤينة والوقاية من اخطارها للمصادر المغلقة والمفتوحة والاجهزة التى تصدر عنها اشعاعات ٠

وفى الولايات المتحدة الامريكية ومن أجل حماية صحة وسلامة الافراد ولفحص تأثيرات قراراتها على البيئة فان هيئة التنظيم النووية وضعت برنامجلتراخيص وتفتيش المنشآت النووية وينفذ هذا البرنامج من خلال قوانين ولوائح تبين الخطوات التى يجب اتباعها من النشاطات المرتبطة بالطاقة النووية ٠ وهذه الاجراءات تخضع لتغييرات من وقت الى آخر ٠

قبل انشاء محطة نووية أو منشآت ذات علاقة مثل محطة تصنيع الوقود أو محطة أعادة تصنيع الوقود ـ يجب الحصول على موافقة من هيئة التنظيم النووى الامريكية وبعد الانشاء لا تعمل المحطة الا بعد الحصول على ترخيص ولا تصدر هذه الموافقات والتراخيص الا بعد مراجعات عديدة تتضمن حضور واستماع الى الجمهور • وهـــذه الموافقات والتراخيص والمراجعات يجب ان تبين أن الانشاء المقترح والتشغيل يتم مع العناية بصحة وسلامة الافراد والبيئة •

على الطالب وكجزء من طلب الموافقة لانشاء محطة قدرة نووية توضيح الالتزام للمنشأة النووية مع لوائح التقسيمات المحلية واستخدام الاراضى • كما يجب الأخذ فى الاعتبار قواعد ولوائح قانون رقابة تلوث الماء المحلية والقومية •

بالاضافة الى الاحتياطات العـــديدة التى تتم فى اجراءات التراخيص لتوفير تأكيد قوى (من وجهة نظـــر السلامة البيئة) أن تركيب وتشغيل المحطـة النـووية مقبول • بالاضافة الى ذلك فان هيئة التنظيم النـووى تراقب التركيبات (الانشاء) والاختبار والتشغيل للمحطة للتأكد من الالتزام مع ظروف الموافقة أو الترخيص •

وفى الولايات المتحدة الامريكية فصل خـاص فى

اللوائح الفيدرالية يطلق عليه لوائح الطاقة أو (١٠)
وتتضمن هذه اللوائح المعايير والضوابط وعلى العموم
فان المعايير تحدد الحدود والطرق لتنفيذ الهدف
والضوابط توفر اسس المقارنة للحكم على صلاحية فعل
معين أو طريقة ٠ ولهذه اللوائح قوة القانون ولهذا فان
الالتزام بها مطلوب ٠

ومن بين هذه اللوائح جزء ـ ٢٠ ويهتم بمعايير
الحماية من الاشعاع ويحكم اطلاق المواد المشعة للبيئة
ويضع حدود على التعرضات الاشعاعية للعاملين بالمحطة
والافراد من الجمهور من تشغيل المحطة النووية ٠

والجزء ـ ٥٠ ويهتم بتراخيص منشآت الانتاج
والاستخدام ويصف اجراءات اعداد واملاء طلبات الموافقة
على الانشاء وتراخيص التشغيل ٠

والجزء ـ ٥١ من اللوائح الفيدرالية يهتم بسياسة
التراخيص والتنظيمات والاجراءات من أجل حماية البيئة
ويختص باعداد تقارير البيئة والتى يجب تقديمها مع
طلبات الموافقة على الانشاء وتراخيص التشغيل ٠

والجزء ـ ١٠٠ من اللوائح الفيدرالية والخاص بضوابط
اختيار موقع المفاعل ويهتم بالقواعد الخاصة لتحديد
صلاحية موقع مقترح لمحطة نووية مع الاخذ فى الاعتبار
حماية الافراد فى حالة حادث ٠

يرى الاستاذ الدكتور ابراهيم فتحى حمودة رئيس هيئة الطاقة الذرية السابق ومستشار رئيس الهيئة الحالى لشئون السلامة أن سلامة المحطات النووية ترتكز على ٣ قواعد اساسية وهى :

١ ـ التصميم الجيد ٠

٢ ـ الموقع المناسب ٠

٣ ـ خطة الطوارىء الجيدة ٠

وتقع مسئولية سلامة التصميم والانشاء والتشغيل لمحطات الطاقة النووية على صاحب (مشغل) المنشأة النووية ٠

وعلى هيئة التنظيمات النووية مسئولية حماية سلامة وصحة الافراد (وصفات البيئة) بالنسبة الى تطور واستخدام الطاقة النووية ٠

والمحطات النووية تتميز بأنها تولد كميات كبيرة من المواد المشعة والتى قد تكون خطرة على جميع اشكال الحياة اذا اطلقت بكميات كبيرة الى البيئة ٠ وتهدف لوائح

هيئة التنظيمات النووية الى حد اطلاق المواد المشـــعه بالبيئة ٠

وعليه فان الجرعات الاشعاعية التى يتعـرض لهـا الافراد والحيوانات والنباتات خلال التشـــغيل العادى للمحطة النووية أقل من التغيرات فى جرعة الاشعاع الخلفية بالطبيعة ٠

وعند تشغيل المحطة قد تحدث ظروف غير عادية واذا لم يتم السيطرة على مثل هذه الظروف قد تؤدى الى هروب كميات كبيرة من المواد المشعة الى البيئة ٠

تطلق هيئة التنظيمات النـووية الأمريكيـــة عـلى فلسفاتها الأساسية فى تأكيد سلامة التصميم والانشاء والتشغيل الدفاع فى العمق وهى تمثل ثلاثة مناسـيب للسلامة :

المنسوب الأول للسلامة :

أن يكون تصميم المفاعل والاجهزة المساعدة بحيث ان يكون تشغيله لاعلى درجة من الأمان مع فرصة صغيرة لحدوث اعطال •

ولهذا الحد فان هيئة التنظيمات النووية الامريكية من خلال برنامجها الخاص بتأكيد الجـودة تؤكد عـــلى استخدام دليل ومعايير خاصة لجودة المـــواد والافراد فى عمليات الانشاء •

ويجب أن تصمم المحطة النووية بحيث تتحمـــل الاعاصير والتورنادو والظواهر الطبيعية الاخرى • وتكون كذلك قادرة على انهاء التشغيل بسلامة فى حالة أقـوى الزلازل المحتمل حدوثه فى موقع المحطة •

هذا بالاضافة الى ان التصميم يجب أن يسـمح بالمراقبة المستمرة أو الدورية للمكونات والانظمة للكشف عن اشارات للعيوب ·

المنسوب الثانى للسلامة :

بالرغم من التأكيدات السابقة عن تصميم وانشاء المحطة بعناية فانه من الضرورى افتراض حـدوث بعض الحوادث الصغيرة أو تشغيل خاطىء خلال عمر خدمـة المنشأة ·

والغرض من الهدف الثانى للسـلامة هـو توفير الوسائل القادرة على مواجهة مثل هذه الحوادث · وعليه فان المفاعل النووى يجب تزويده بنظام حماية مصمم لمنع واحتواء مدى من الظروف غير العادية ·

المنسوب الثالث للسلامة :

يعتمد المنسوب الثالث للسلامة على اضافة مجموعة من الانظمة والحواجز ضد هروب المواد المشعة وذلك لحماية الافراد حتى اذا حدثت حادثة غير محتمل حدوثها ·

ولتأسيس هذه الملامح الاضافية ، يفترض فشـل كبير فى المكونات والانظمة وتحلل نواتجها · ومن تحليل هذه الحوادث الافتراضـية يحدد مجمـوعة مـن حوادث التصميم الاساسية وتصمم انظمـة السـلامة للسيطرة عليها واحتوائها ·

وفى النهاية أن الهدف النهائى للسـلامة النوويه هو تقليل حد المخاطر الى منسوب صغير جدا مقبـــول للافراد من الجمهور وكذلك للعاملين فى المحطة النووية ٠

ومعظم المفاعلات العاملة بمحطات القوى النـووية من نوع مفاعلات الماء الخفيف وتقسم الى مفـاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء المغلى ويعتبر النوع الأول هـــو الاكثر شيوعا ٠

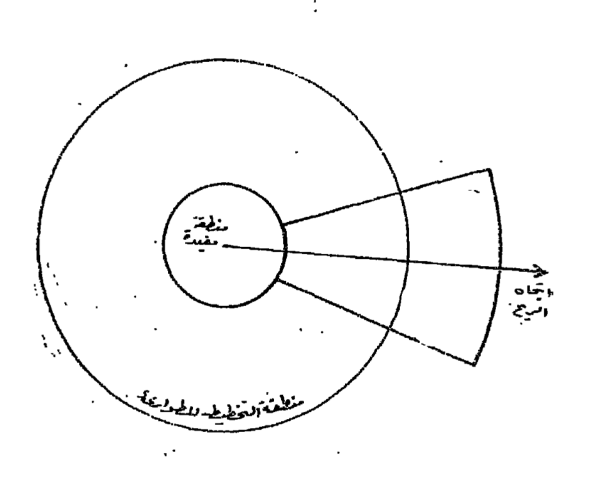
ويقدر احتمال حدوث حادثة انصهار تام لمفاعـلات الماء الخفيف (٥ × ١٠ ^-٥^) لكل مفاعل ـ سنه٠وهذا يعنى احتمال حدوث حادثة واحدة خلال ٢٠ الف مفاعل ـ سنة تشغيل ٠

الا أن خبراء هيئة التنظيمات النووية الامريكيــة وكذلكفى المانيا الغربية قد حددوا احتمالاتحدوثانصهار تام ١٠ ^-٤^ لكل مفاعل ـ سنة ٠ أى حادثة كل ١٠ آلاف مفاعل ـ سنة تشغيل ٠

ويذكر الأستاذ الدكتور ابراهيم فتحى حموده (*) أن عدد سنوات التشغيل للمحطات النووية قد بلغ ٣٥٠٠

(★) د٠ ابراهيم فتحى حمـــودة ـ عكاظ ـ العـــدد ٧٢٦٠ ـ ١٩٨٦/٥/٥ ـ السعودية ٠

الى ٤٠٠٠ سنة تشغيل وهذا يعنى انه من المفروض عدم حدوث حادث جزيرة الثلاثة أميال الامريكى وحادث تشرنوبل الروسى والمخالفان لكل توقعات العلماء ٠



شكل (١٧) المناطق حول موقع المحطة النووية

حسن اختيار الموقع

يجب الأخذ في الاعتبار اعتبارات كثيرة عند اختيار موقع يكون مقبولا لمحطة قدرة نووية • وبعض هـــذه الاعتبارات مرتبط مع التوزيع السكاني حول الموقع المقترح وفي الجزء ١٠٠ من اللوائح الفيدرالية الامريكية الخاصة بالطاقة (١٠) تميز ثلاث مناطق هي :

١ ـ المنطقة المقيدة •

٢ ـ منطقة الكثافة المنخفضة أو منطقـــة التخطيط للطوارىء •

٣ ـ المسافة من مركز سكاني •

وهذه المنطقة ثابتة ذات نصف قطر لا يقل عن ٨ر٠ كيلو متر أو نصف ميل . وتعرف هذه المنطقة بأنها المنطقة التي تحيط بالمنشأة النووية وللحاصل على الترخيص كل السلطات لتحديد الانشطة وتواجد أو طرد الافراد والممتلكات . والسكن داخل هذه المنطقة ممنوع ولكن في حالة وجود أي سكان فيجب أن يكونوا عرضة للمغادرة الفورية . وقد يعبر المنطقة طريق عريض – خط سكة حديد – أو ممر مائي بشرط ألا يكون قريبا جدا من المنشأة ولا يتدخل مع أو يمثل خطرا كبيرا للتشغيل العادي للمفاعل . وحتى وقبل تشغيل المحطة لابد من توفر خطط ملائمة لتنظيم المرور في حالة الطوارىء .

والهدف الأساسي من وجود المنطقة المقيدة هو تحديد الجرعات الاشعاعية التي قد يتعرض لها الافراد من خارج المحطة في حالة حادثة غير عادية . ومثل هذه الحادثة يفترض أن تكون انصهار لقلب المفاعل مع اطلاق كميات كبيرة من نواتج الانشطار للبيئة .

ويختار نصف قطر المنطقة المقيدة بحيث أن الشخص

الموجود داخل اى نقطة على محيطها لساعتين بعد حـــدوث الاطلاق الاشعاعى المفترض لا يتعرض حتى تحت الظروف الجوية القاسية لجرعة جسم كليه تزيد عن ٢٥ ريم أو تكون جرعة الغدة الدرقيـــــة لا تزيد عن ٣٠٠ ريم من التعرض لنظير اليود المشع ٠

تحيط بالمنطقة المقيدة منطقة ذات كثافة سكانيـــة منخفضة بحيث يكون عددهم الكلى والكثافة السكانية فى المنطقة بحيث يتوفر احتمال مقبول بعمـــل الاجراءات الوقائية لهم فى حالة حادثة كبيرة كالتهجير مثلا ٠

وكدليل لهذه المنطقة ينص جزء ١٠٠ من اللوائح الفدرالية الامريكية للطاقة بأن الفرد الموجود داخـــل اى نقطة على الحدود الخارجية للمنطقة ويبقى هناك خلال فترة مرور السحابة الاشعاعية الناتجـــة عن الحـــادثة الافتراضـــية (انصهار كامل لقلب المفاعل) ولا يزيد تعرضه للاشعاع عن ٢٥ ريم أو تزيد الجرعة للغـــدة الدرقية عن ٣٠٠٠ ريم ٠ والغرض من الاجراءات الوقائية هو تقليل الجرعة الاشعاعية الحقيقية ٠

وفى تعديل حديث لهيئة التنظيمات النووية ـ عدل اسم المنطقة ذات الكثافة السكانية المنخفضة الى منطقـة التخطيط للطوارىء الثابتة ٠ وتحدد المنطقـــة بمسافة ثابتة لا تقل عن ١٦ كيلو متر (١٠ أميال) ٠

وهذه المنطقة يتوفر لها خطط للسلطات المحليـــة لتهجير الافراد ٠

وتعرف بأنها المسافة من المفاعل الى أقرب حدود لمركز سكانى كثيف يضم أكثر من ٢٥ ألف ساكن . والمسافة من المركز السكانى الى قلب المفاعل تزيد مرة وثلث عن المسافة من المفاعل الى الحدود الخارجية للمنطقة ذات الكثافة السكانية المنخفضة . وعندما يكون المركز السكانى مدينة كبيرة يجب أن تكون المسافة أكبر .

ويرى كل من جلاستون وجوردن ١٩٨٢ أن الجرعة للأفراد غير هامة فى هذه المنطقة ولكن المهم هو الجرعة للسكان وهى حاصل ضرب عدد الافراد فى المنطقة المعرضة والجرعة المتوسطة للفرد ويعبر عنها بوحدات رجل ـ ريم أو رجل ـ سيفرت .

وفى التعديل المقترح للجزء ١٠٠ من لوائح هيئة التنظيمات النووية الامريكية « تلغى مسافة من المركز السكانى ويحل بواسطة حدود معينة على الكثافة السكانية والتوزيع السكانى خارج المنطقة المقيدة والى مسافة ٣٢ كيلو متر (٢٠ ميل) .

قبل حادثه جزيرة الثلاثة أميال الامريكية افترض أن الالتزام بالجزء ١٠٠ من لوائح هيئة التنظيمات النوويه الامريكية والخاص بالموقع بالاضافة الى فلسفة الدفاع فى العمق كافية لحماية الافراد من تأثير حادثة نووية كبيرة. واعتبرت خطط الطوارىء كاجراء ثانوى يتم فى حـــالة انطلاق كميات كبيرة من المواد المشعة بالمنطقة المحيطة .

ومن الخبرة التى نتجت عن حادثة جزيرة الثلاثة أميال الامريكية تبين ضرورة توفير اهتمـــام زائـد الى الاستجابة لخطط الطوارىء . وعليه فان هيئة التنظيمات النووية الامريكية تطلب بالاضافة الى الاهتمام بالطوارىء الاشعاعية داخل موقع المحطة النووية على طالب الترخيص عمل الاجراءات اللازمة مع الجهات المسئولة الخاصـــة بالاستجابة عند الحوادث التى قد تتضمن اطلاق مواد مشعة خارج موقع المحطة .

وتقسم خطط الطوارىء الى نوعين :

١ ـ خطط للطوارىء على موقع المحطة النووية وهذه مسئولية المشغل ٠

٢ ـ خطط طوارىء خارج موقع المحطة النـــووية وهذه مسئولية السلطات المحلية ٠

صدر عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية توصيات خاصة بالتخطيط للاستجابة للحوادث الاشعاعية فى المنشآت النووية خارج الموقع وذلك عام ١٩٨١ .

وأهم ملامح هذه الخطط ما يلى :

١ ـ التدريع .

٢ ـ تناول اليود الواقى .

٣ ـ السيطرة على المداخل .

٤ ـ التهجير .

٥ ـ طرق وقاية الأفراد .

٦ ـ ازالة تلوث الأفراد .

٧ ـ الرعاية الطبية .

٨ ـ تحويل مصادر الطعام والمياه

٩ ـ ازالة تلوث المناطق الملوثة .

ويمكن تقسيم هذه الملامح فى ثلاثة أطوار :

الطور الأول :

ويظل هذا الطور لعدة ساعات من بداية الحادثة ويتمثل الخطر من اطلاق المواد المشعة فى :

١ ـ استنشاق المواد المشعة .

٢ ـ التعرض للغيوم المشعة .

وتعتبر البنود الأربعة الأولى من الملامح هامة جدا مع ضرورة استخدام طعام محفوظ (غير ملوث) .

كما تعتبر البنود الأربعة التالية هامة .

الطور الثانى :

ويتمثل الخطر فى هذا الطور فى الآتى :

١ ـ التعرض الخارجى من المترسبات الأرضية .

٢ ـ التعرض الداخلى من تنفس الجسيمات المتعلقة المشعة .

٣ ـ التعرض الداخلى من هضم طعام ملوث حديثا (مثل اللبن والخضروات والفواكه) والماء .

وقد تمتد هذه لمدة من عدة أيام الى عدة أسابيع بعد الطور الأول .

وتعتبر البنود رقم ٣ ، ٤ و ٧ ، ٨ من البنود الهامة جدا مع ضرورة استخدام غذاء للحيـــوانات مخزون (غير مشع) .

المرحلة المتأخرة :

حيث يكون الخطر ناتجا من استهلاك الطعام الملوث وتلوث البيئة • وقد يمتد هذا الطور من عدة أسابيع الى عدة سنوات بعد الطورين السابقين معتمـــدا على طبيعـــة الاطلاق •

وتعتبر البنود الأخيرة من اجراءات الوقاية هامة جدا مع ضرورة استخدام غذاء للحيوانات المخزن (غير ملوث) •

بالاضافة الى حادثة مفاعل جزيرة الثلاث أميال وحادثة تشيرنوبل والتى تم فى كل منهما تهجير السكان توجد ظروف تشغيل غير عادية عديدة للمحطات النووية ينتج عنها تعرضات اشعاعية للعاملين داخل المحطة وكذلك اطلاقات للمواد المشعة للهواء والماء مما يؤدى الى تعرض الأفراد من الجمهور للاشعاع ٠

والمهتمون بالحوادث الاشعاعية لهم اختصاصات مختلفة فعلى سبيل المثال لا الحصر ٠

١ ـ الفزيائيون الاشعاعيون ويهتمون بتطور طرق قياس الجرعة الاشعاعية للأفراد من العاملين بالمحطة وكذلك الأفراد من الجمهور ويمكن تقسيم الاشعاع المؤين بالنسبة الى العاملين بالمحطة الى النيترونات وأشعة جاما وأشعة بيتا ٠ أما بالنسبة الى الأفراد من الجمهور فان الاشعاع المؤين يقتصر على أشعة جاما وأشعة بيتا فقط ٠ ولقد قام المؤلف (*) بتطوير العديد من الكواشف الاشعاعية لقياس الجرعات الاشعاعية للأفراد العاملين بالمحطة أو للأفراد من الجمهور ٠ هذا بالاضافة الى تطوير طرق القياس حول

(*) نال المؤلف جائزة الدولة التشجيعية للفيزياء لعام ١٩٧٦ ٠

المصادر الاشعاعية عامة وحول القنوات الافقيـــة والرأسية والعمود الحرارى للمفاعل المصرى .

٢ - خبراء الوقاية من الاشـعاع والفيزيائيـون الصحيون يهتمون بتقدير لجرعة الاشعاعية ومعـــدلات الجرعة خلال الحادثة وعليه اتخاذ الاجراءات الوقائيـــة اللازمة من تدريع - توزيع أقراص اليود - تهجير - تقيد الدخول والخروج وتوزيع أجهزة قياس الجرعة الشخصية للأفراد واستلامها وعدها ثم حساب الجرعة السكانيـــة (رجل - ريم) وتقدير عدد الوفيات التى قد تنجم عـن الحادثة . ومتابعة الحالة بعد الحادثة وذلك لتحـــديد الاجراءات الوقائية الأخرى مثل ازالة تلوث الأفراد وتقرير تحويل مصارد المياه والغذاء وأخيرا ازالة تلوث المناطـق الملوثة بالاضافة الى المسئولين الآخرين :

٣ - الأطباء والمهتمون بصحة وسلامة الأفراد ومتابعة حالات الاصابة . وغالبا ما يتم توزيع الأفراد طبقا للجرعة التي يتم تقديرها الى أفراد يتعرضون لجرعة اشعاعية أقل من ٢٥ ريم وأفراد تعرضوا لجرعة اشعاعية تزيد عن ٢٥ ريم والآخرين لهم عناية خاصة وقد تتطلب متابعة يومية وزرع النخاع العظمى واجراءات طبية خاصة ومستشفيات خاصة لذلك .

٤ ـ الدفاع المدنى والمساعدة فى حالة توصيل المعلومات من مركز الطوارىء والذى يجتمع به خبراء الوقاية من الاشعاع وآخرين الى الافراد بالمنازل والاشراف على خطة التهجير والتأكد من استتباب الأمن بالمناطق ٠

٥ ـ الأرصاد الجوية لتحديد اتجاه الريح ومن ثم اتجاه انتشار السحب والغيوم المشعة ٠

٦ ـ الرعاية الاجتماعية للأفراد من الجمهور خلال وبعد الحادثة مع تقدير التعويضات الملائمة ٠

ومن أشهر حوادث المفاعلات النووية حادث جزيرة الثلاثة أميال الأمريكية وحادثة مفاعل تشيرنوبل السوفياتيه ٠

حادثة مفاعل « جزيرة الثلاثة أميال (*) »

تمت الحادثة بالوحدة الثانية من المحطة النووية بجزيرة الثلاثة أميال بالقرب من هاريسبرج فى بنسلفانيا يوم ٢٨ مارس ١٩٧٩ والحادثة لها خطورة انصهار قلب مفاعل من نوع مفاعل الماء المضغوط .

أدى خلل عابر (فقدان مصدر تغذية المياه الأساسى الى مولد البخار) الى التشغيل الآلى لثلاث مضخات مساعدة مباشرة . الا أن صمام السحب كان مغلقا وعليه لم تصل مياه التغذية الى مولدى البخار . مع فقد المبرد الثانوى ارتفع ضغط ودرجة حرارة نظام التبريد الأولى . مما أدى الى فتح صمام تقليل الضغط وذلك لتقليل ضغط البخار .

عندما هبط ضغط البخار الى منسوب آمن ، كان يجب غلق الصمام آليا . ولكن لم يتم ذلك وعليه ظل الضغط يهبط الى منسوب أدى الى بدء عمل نظام حقن بالمبرد ذى الضغط العالى .

(*) قام المؤلف بالقاء محاضرة بقسم الكيمياء النووية بهيئة الطاقة الذرية بعد عام من الحادث (١٩٨٠) .

ولقد فسر المشغل ارتفاع سريع فى مؤشر منسوب الماء المضغوط على أنها منسوب عال فى وعاء المفاعل · مع أن هذه لم تكن الحالة · وعليه أغلقت المضخات الخاصــة بنظام الحقن بالمبرد ذى الضغط العالى يدويا ·

ثم تدفق الميــاه الجانبية الى مــولدى البخــار عن طريق فتح الصمامات وتم تشغيل نظام حقن بالمبرد ذى الضغط العالى كمحاولة لتعويض فقدان المبرد من خلال صمام الضغط المفتوح ·

واعتمدت هذه المحاولة على مؤشر الضغط الخاطىء مع ان الماء مايزال يفقد ·

بعد ساعة وربع من بداية الحادثة تم توقيف مضختى المبرد الأولى بين المفــاعل ومولد البخار لمنــع الخطر من الاهتزازات الزائدة · وفى العادة يستمر التبريد بواسطة دوران الحمل المستمر ولكن لم يتم ذلك بواسطة فراغات فى النظام الأولى · كما أن هذه الفراغات كانت مسئولة عن الاهتزازات فى مضخات المبرد الأولى وعند هذه المرحلة كان قلب المفاعل قد تعرض الى زيادة كبيرة فى درجة الحرارة ·

كان غطاء قلب المفاعل غير مغطى لساعة تقريبا · ومن المحتمل أن يكون قد تم انصهار لبعض الوقود · كما أن تفاعل الزركنيوم فى سبيكة الزركنيوم (والتى تستخدم

لتغليف الوقود النووى) مع الماء أدى الى فشل الغطاء لحوالى ٩٠٪ من الوقود • وعليه فان الجزء العلوى من قلب المفاعل تحطم ووقع فى الفراغات بين قضبان الوقود وعليه سبب خنق جزئى البخار والماء • هذا الخنق مع فقاعة هيدروجين كبيرة تكونت من تفاعل الزركنيوم مع الماء منعت تبريد قلب المفاعل بطريقة الحمل الطبيعى لمدة طويلة •

مع ما تم لقضبان الوقود النووى أى فشل التغليف ثم دخول كميات كبيرة من المواد المشعة الى مياه التبريد • وتدفق الماء الملوث والبخار خلال صمام ضغط الراحة الى خزان فى الوعاء الكبير • وعندما وصل الضغط فى الخزان الى منسوب التصميم أدى شرخ بالقاعدة الى اطلاق الماء الى وعاء آخر •

انتقلت المياه من الوعاء الآخر الى خزان الفضلات المشعة فى مبنى مجاور • وهربت بعض الغازات المشعة الى البيئة ولكن الكمية كانت صغيرة نسبيا • وأن الاطلاق الرئيسى للمواد المشعة كان عن طريق المياه • وانطلق الى الجو أيضا غاز الكربتون والزينون المشعان •

ومن خلال القياسات التى تمت بعد عدة أيام من الحادثة اتضح أن التأثير على صحة الأفراد أقل ما يمكن ومن المتوقع وفاة حالة أو اثنين بالسرطان المتأخر قد تتم خلال سنوات قادمة •

ولقد تم التوصل الى أن حادثة مفاعل جزيرة الثلاثة أميال كانت نتيجة :

١ ـ عيوب فى التصميم ·

٢ ـ اجراءات غير مناسبة ·

٣ ـ خطأ المشغل ·

والدروس المستفادة من حادثة مفاعل جزيرة الثلاثة أميال الأمريكية عديدة وأدت الى مقارنة بين القيم النظرية للمصدر (*) الذى تفترض عند التصميم وبين لقيم الواقعية من القياسات التى تمت فى الحادثة والى وضع قيود وضوابط لاختيار المشتغلين والأخذ فى الاعتبار أخطاء المشغلين للمحطات النووية ·

كما كان لهذه الحادثة أثر كبير على الصناعة النووية فى أمريكا وفى دول أخرى · والى اليوم لا يزال هذا المفاعل الذى تمت به الحادثة مغلقا وتتم عمليات ازالة التلوث بالمبانى ·

(*) يقصد بالمصدر النشاط الاشعاعى الكلى بداخل قلب المفاعل ·

حادثة مفاعل تشيرنوبل

مع أن مفاعل الأبحاث المصرى سوفياتى الأصل الى أن تصميمه يختلف عن تصميم مفاعل تشير نوبل سوفياتى. والمفاعل الأخير يشابه أول محطة طاقة ذرية فى العالم . والأخيرة بدأت التشغيل فى بلدة أوبننسيك فى يونيو ١٩٥٤ . وكان مصدر الحرارة فى محطة القـــدرة مفاعل حرارى مصمم كمنشأة تجريبية وذات حجم صغير وتم ذلك بواسطة اثراء اليورانيوم ــ ٢٣٥ الى نسبة ٥٪ .

واستخدم الجرافيت كمهدىء للنيترونات والماء كمبرد واستخدم الصلب الذى لا يصدأ كوعاء لقلب المفـــاعل . وكان المفاعل عبارة عن تكوين اسطوانى من قوالب الجرافيت بكتلة ٥٠ طن بداخل وعاء من الصلب الكربونى بقطر ٢ر٣ متر وسمك حائط ٥ر١ سم .

وتبلغ درجة حرارة الجرافيت العظمى عند تشـــغيل المفاعل ٨٠٠ درجة مئوية ولمنع الجرافيت من التآكسد يملأ الوعاء بغاز الهليوم أو النيتروجين .

يوجد اليورانيوم الذى يعمل كقلب المفـــاعل بالجزء

الأوسط من الجرافيت ويعمل باقي مكعبات الجرافيت كعاكس للنيترونات .

وبلغت قدرات المحطة الأولى ٣٠ ميجا وات فى عام ١٩٥٤ .

ولتدريع المحطة استخدمت طبقتان الأولى سمكها متر واحد من الماء ثم الطبقة الثانية من الخرسانة الثقيلة (٢٫٢٠ جم/سم٣) ويسمك ثلاثة أمتار . ويبلغ قطر المفاعل بالتدريع ١٢ متر والارتفاع ١٢ متر أيضا .

وفى عام ١٩٦٤ عدل تصميم المفاعل السابق الى قدرة أكبر حيث بلغت القدرة الجديدة ٢٨٥ ميجا وات بالنسبة المفاعل الذى بنى فى مدينة أورالس . وفى المنشأة التالية من نفس التصميم ارتفعت القدرة الى ٥٠٠ ميجاوات .

وبعد مرور أكثر من سبعين يوما على الحادثة التى تمت بالمفاعل السوفياتى علمنا بوفاة أكثر من عشرين شخصا وأن حوالى ٣٠٠ شخص تحت العلاج ومئات الآلاف هجروا مساكنهم . ومن ذلك يتضح أن حادثة المفاعل الروسى أكبر بكثير من حادثة المفاعل الأمريكى .

اعلان حادثة مفاعل تشيرنوبل

وقعت الحادثة بعد منتصف ليلة ٢٦ أبريل ١٩٨٦ ٠ ولم تعلن السلطات السوفياتية عن الحادثة الا يوم ٢٨ ابريل بعد أن أكدت أجهزة قياس الاشعاع الموزعة حول احدى محطات القدرة النووية فى السويد وجود زيادة غير عادية فى المنسوب الاشعاعى ولقد ظن أن هذه الزيادة تعود الى خلل فى محطتهم النووية ـ الا أنه بعد التأكد من عدم وجود خلل بالمحطة ومن خلال قياس التوزيع الاشعاعى بالمنطقة ومعرفة اتجاه الريح أعلن بالسويد أن هذه الزيادة تعود الى وجود سحابة اشعاعية مصدرها الاتحاد السوفيتى ٠

وفى الثامن والعشرين من ابريل ١٩٨٦ أعلن الاتحاد السوفيتى رسميا أن حادثا قد وقع فى أحـــد المفاعلات النووية فى تشيرنوبل والتى تقع على بعد ١٣٠ كيلومتر شمال مدينة كيف بجمهورية أوكرانيا السوفيتية ٠ وأن الحادث وقع فى أحد أركان الوحدة الرابعة (من المفاعلات) وأدى الى هدم جزء من المفاعل والاضرار به وأدى الى تسرب بعض المواد المشعة ٠

ويوضح الشكل الآتى سقف المفاعل الروسى الذى حدث به الحريق .

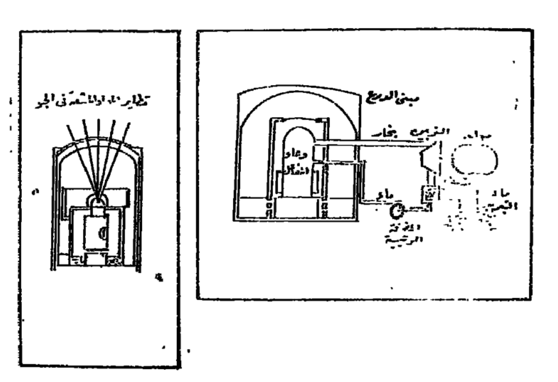


شكل (١٨) فى هذه البقعة التى يشير اليها العامل .. يقع الخطأ الذى ادى الى وقوع الانفجار .. انه الجزء المحدود من المعلومات التى تسربت عن أسباب حدوث الانفجار .

ولتوضيح الفرق بين المفاعل السوفياتي والمفــاعلات الأمريكية ــ ففي المفاعلات الأمريكية يوضع الوقود النووى داخل قضبان في حوض كبير من الماء بداخل وعاء من الصلب (وعاء) والخرسانة ، وفي محطة تشيرنوبل كل قضيب من الوقود النووى وعددهم ١٦٩٣ موضوع داخل أنبوبة منفصلة مملوءة بالماء داخل مكعبات من الجرافيت ـ وكل ذلك داخل مبنى بدون أى وعاء حاو خاص • ويبلغ ارتفاع المفـــاعل ٧ أمتار وقطره ١٢ متر •

وتعرف حالة انصهار قلب المفاعل بأنها الحالة التى تحدث عندما ينصهر الوقود النووى • ويبدأ الانصـــهار عندما يفشل نظام تبريد المحطة أو تفشـــل الأجهزة التى تسيطر على التفاعلات النـــووية • وفى المحطة النووية السوفياتية يساعد الجرافيت على السيطرة على التفاعلات النووية عن طريق امتصاص النيترونات والتى تعمل على بده التفاعلات النووية بالمحطة •

ويفسر اندلاع الحريق بمحطة تشيرنوبل بأنه عندما يكون الوقــود ســـاخنا جـــدا فينكسر ويهــرب مــن



شكل (١٩)

صورة اجمالية للفاعل تشيرنوبل توضح المضخة الرئيسية التى تعطلت عن العمل بسبب توقف التيار الكهربائى عن المحطة مما ادى الى ارتفـاع درجة حرارة الوقود النووى وانفجار المفاعل (★) ٠

شكل (٢٠)

انفجار الجزء العلوى من المفاعل وتصدع القبة الواقية للمفاعل وتطاير المواد المشعة فى الجو كما حصل فى حادث انفجار مفاعل تشيرنوبل الروسى ٠

(★) من مقال د٠ توفيق القصير ـ الرياض فى ١٩٨٦/٥/٢١

آنابيب الضغط فانه يشعل مكعبات الجرافيت .

وتنطلق الاشعاعات من المحطة عندما يبدأ الوقود فى الانصهار ويبدأ حرق الجرافيت . فيتكون ضغط هائل داخل المبنى مسببا التسربات . كما ان الانفجارات المصاحبة مع الانصهار قد تؤدى الى شرخ فى سقف أو حوائط المبنى . وتهرب المواد المشعة من المحطة . انظر شكلى ١٩ و ٢٠ .

ومع الزيادة في درجة حرارة الجرافيت الى درجة معينة يحدث احتراق تلقائى وكلما سخن أكثر يتحول الى لهب . وهذا الحريق من الصعب اخماده لأن الماء لا يؤثر فيه . ويتحول ثانى أكسيد الكربون الى أول أكسيد الكربون .

ومفـــاعلات تشيرنوبل الأربعـــة ذات قدره ١٠٠٠ ميجا وات لكلا منها والأخير بدأ فى العمل عام ١٩٨٤ وهذا جزء من البرنامج العسكرى النووى السوفياتى للحصول على القنابل الذرية .

وباستخدام الجرافيت يتمكن الاتحاد السـوفيتى من استخدام اليورانيـوم غير المخصب أو اليورانيـوم ذى التخصيب المنخفض للحصـول على البلوتنيـوم والوقود للقنابل الذرية .

وتستخدم هذه المفاعلات كلما كان المفاعل أكبر :

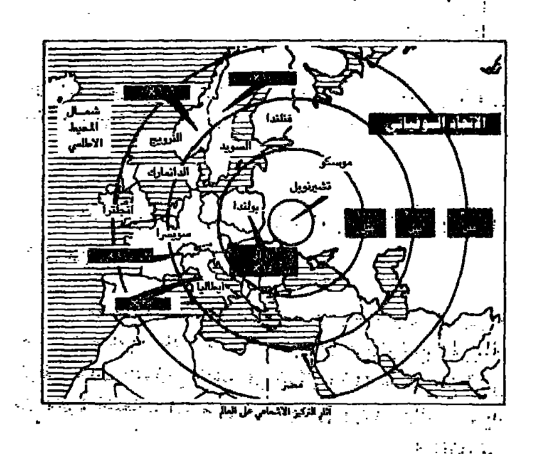
١ - لتوليد الطاقة الكهربية .

٢ ـ توليد الأسلحة النووية ٠

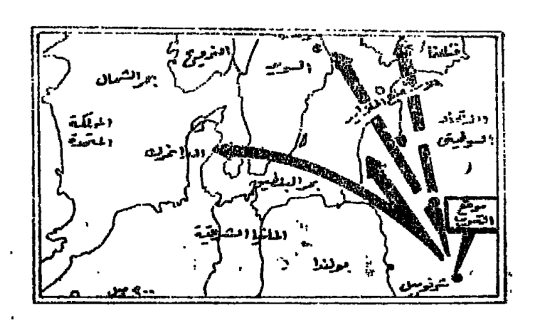
وقد يظن أن عـــدم وجود مبنى حاو للمفـــاعل الآتى :

١ ـ افتراض عدم حدوث حادثة من هذا النوع ٠

٢ ـ ضخامة المبنى حيث أنه مكعب هائل يحتوى على عدة آلاف من الأطنان من الجرافيت بداخلهـــا قلب مفاعل ٢٥ قدم × ٣٤ قدم فى الوسط ٠



شكل (٣١) عن مجلة الحرس الوطنى رمضان ١٤٠٦هـ



شكل (٢٢) خريطة تبين مواقع تسرب الاشعـــاع النووى ثم مناطق انتشاره ـ مجلة الحرس الوطنى ـ رمضان ١٤٠٦هـ

وقد تم قياس التركيز الاشعاعى بالعالم خلال الأيام الأولى من الحادثة ٠

وعموما فان الأفراد من الجمهور يتعرضون الى جرعة اشعاعية سنوية مقدارها ١٠٠ ملى ريم ٠ وتوضح الخريطة المرفقة معدل التوزيع الاشعاعى شكل (٢١) حيث بلغ أكثر من عشرة أضعاف المستوى العادى فى بولندا والسـويد وسويسرا ٠ هذا ولقد سجلت المراصد الاشعاعية انخفاض فى التركيز الاشعاعى مع الزمن بعد الحادثة ٠

ولقد ذكرت بعض التقارير التى أعلنت أن سبب الكارثة يرجع الى خلل مفاجىء فى الطاقة الكهربية وتم تشغيل مولد طوارىء للطاقة الكهربية على الفور الا أن ذلك كان عديم الجدوى . وعليه توقفت مضخة التبريد الرئيسية فى المفاعل عن العمل ولم تعمل المضخة الاحتياطية . مما أدى الى زيادة حرارة المفاعل وانصهار الوقود واحتراق الجرافيت وصعود النيران .

وكذلك ذكرت التقارير (*) أن الرياح التى كانت سائدة فى منطقة المفاعل الروسى رياح جنوبية شرقية الى شرقية فى طبقات الجو السفلى وغربية فى طبقات الجو العليا مما دفع الملوثات النووية من منطقة الانفجار فى اتجاه الشمال الغربى والغربى . وأن الرياح السائدة فى المنطقة الغربية فى طبقات الجو العليا غربية وفى طبقات السفلى تأثر الطقس بمنخفضات البحر المتوسط وتحركات منخفض السودان الأمر الذى يجعل الرياح السطحية جنوبية وبالتالى تكون أجواء المنطقة بمنأى عن التلوث الذرى .
انظر شكل (٢٢) .

وذكرت التقارير السوفياتية أن الحياة عادية خارج المنطقة المقيدة ٣٠ كيلومتر . ولاطفاء الحريق قامت وحدات من الجيش السوفياتى باسقاط رمل مبلل ورصاص والبورن

(*) الاستاذ عيسى صالح عنقاوى ـ عكاظ ١٩٨٦/٥/٥ .

الماص للنيترونات بالطائرات العمودية على موقع المحطة ٠ وأن المقيمين داخل المنطقة المقيدة هم من العسكريين لحراسة المصانع والمبانى السكنية والممتلكات الخاصة وهم يرتدون الملابس الواقية طول الوقت ٠ كما تم عمل تدريع خرسانى أسفل وحول المحطة وبعد انخفاض درجة الحرارة بقلب المفاعل الى درجة حرارة الغرفة ثم تغطية سقف المحطة بالخرسانة ٠



شكل (٢٣) رجال المطافىء فى المانيا الغربية بأقنعتهم الواقية من الاشعاع يقومون بتطهير احدى السيارات القادمة من المانيا الشرقية تفاديا للتلوث النووى بعد كارثة مفاعل تشيرنوبل السوفيتى ٠

شكل (٢٣) يوضح ازالة تلوث سطح سيارة وشكل (٢٤) يوضح كيفية اجراء القياسات الاشعاعية لطفل روسى مهجر • كما يوضح شكل (٢٥) جهاز قياس تركيز الاشعاع بالتربة •



شكل (٢٤) فنى سوفياتى يقوم بفحص مستوى الاشـــعاع عند طفل من المهجرين من منطقة الكارثة •

وأعلن المسئول السوفياتي بوريس يسين فى ٥ مايو ١٩٨٦ أنه قد تم ايقاف التفاعلات النووية وأن النشاط الاشعاعى يرجع الى نواتج الانشطار النووى وأن معدل التعرض يقل عن ٢٠٠ رونتجون فى الساعة • وبفعل اسقاط الرمل المبلل والرصاص والبورن انخفض معدل التعرض الى المنسوب بعد عدة أيام •

وتدل التقارير الواردة من أوربا ـ اندفاع الأفراد لشراء مشتقات اليود من الصيدليات مما أدى الى نقصه وكذلك الى الاعلان أن تناول اليود غير مفيد فى حالة النشاط الاشعاعى المنخفض • هذا ولقد بلغ أقصى معدل للتعرض فى بولندا الى ٥ ملى ريم لكل ساعة وفى السويد ٥ر١ ملى ريم لكل ساعة وفى فنلندا وايطاليا واحد ملى ريم لكل ساعة •

هذا ولقد تشكلت بهيئة الطاقة الذرية لجنة الطوارىء (١) لبحث آثار الحادث النووى للمفاعل الذرى السوفيتى • وفى ١٩٨٦/٥/١٥ أصدرت المملكة العربية السعودية (٢) تدابير وقائية تتضمن حظر استيراد المواد والمنتجات الغذائية من الدول الملوثة بالاشعاع النووى • كما أصدرت الدول العربية قرارات بشأن حظر استيراد المواد والمنتجات الغذائية من دول الكتلة الشرقية •

---

(١) الأهرام ـ ١٩٨٦/٥/٨ •
(٢) الشرق الأوسط ـ ١٩٨٦/٥/١٥ •

هذا ولقد تم اعدام كميات كبيرة من اللحوم فى الأردن ٠ وتطلب الدول العربية حاليا شهادة من المصدر بخلو المواد الغذائية من المواد المشعة ٠ وتقوم حاليا معظم الدول العربية بشراء (استيراد) أجهزة خاصة بعمليات الكشف عن الاشعاع بالمواد الغذائية وأجهزة كشف التلوث الاشعاعى ٠ وختاما فقد عقد الاجتماع الأول للجنة الرصد الاشعاعى بالاردن خلال الأسبوع الأول من يوليو ١٩٨٦ وضمت فى عضويتها ممثل عن الأردن وممثل عن مصر وآخر عن سوريا هذا بالاضافة الى ممثلين عن العراق والسعودية وذلك لمتابعة تركيز الاشعاع بالهواء والماء والسلسلة الغذائية فى المنطقة ٠ هذا والغيوم الاشعاعية تحتوى على ٩٠٪ من غاز اليود ـ ١٣١ المشع و ١٠٪ من السيزيوم المشع وبلغ أقصى تركيز لليود فى التربة فى السويد والمجر حيث بلغ ٥ ميكرو كورى فى السنتيمتر المربع ٠

وفى أوربا وخلال الأسبوع الثانى من الحادثة اهتم الأفراد من الجمهور بشراء أجهزة قياس الإشعاع للتأكد من خلو المواد الغذائية من المواد المشعة وأدى ذلك الى انتهاء المخزون من هذه الأجهزة ٠ ويرجع تلوث المواد الغذائية الى سقوط الأمطار بدرجة كبيرة والى تساقط الغبار ٠



شكل (٢٥) احد خبراء المعهد القومى للحماية من الاشعاع فى فنلندا يستعد لاختبار نسبة الاشعاع فى عينة من التربة بالعاصمة الفنلندية هلسنكى .

ولا جدال فى أن حادثة حريق مفـــاعل تشيرنوبل الروسى أوضح أن العالم وحدة واحدة وأن ما حدث فى كيف تأثر به جميع سكان أوربا نفسيًا واشعاعيا . هذا ولقد قام المسئولون بالوكالة الدولية للطـــاقة الذرية بزيارة لموقع المحطة النووية . كما وافق الاتحاد السوفيتى على اصدار تقارير يومية عن التركيز الاشعاعى .

كما استعانت السلطات الروسية بالطبيب الأمريكى روبرت جال المتخصص فى زراعة النخاع العظمى . حيث عالج عدد من المصابين فى موســـكو . وكما ذكر العالم المصرى د. محمد كمال الغمراوى (*) أن هذا النوع مـن العمليات التى يجب أن تتوفر فيها استعدادات خاصة حيث يسحب النخاع للمريض ويحقن بنخـــاع عظمى ســـليم ويترك المريض فى غرفة معقمة لمدة أسبوع يتم خلالهـــا تكوين خلايا الدم .

هذا ولقد ذكر أن عدد العاملين بالمحطة النووية لحظة اندلاع الحادث بلغ ٢٠٤ وأنهم حصلوا جميعا على جرعات اشعاعية حيث أنهم اشتركوا فى مكافحة الحريق . هـــذا ولقد أعلن (**) د. روبرت جال عن وفاة ١٣ فرد واصابة ٢٩٩ آخرين بعد ٣ أسابيع من اندلاع الحادث .

(★) الاهرام ١٩٨٦/٧/٨ .
(★★) الجزيرة ١٩٨٦/٥/٢٠ .

هذا ولقد اعلن بعد مرور أكثر من ســـبعين يوم على الحادثة حدوث شرخ فى ماسورة المياه المشعة أسفل المحطة النووية مما أدى الى تسرب المياه المشعة بمعدل يصل الى ١٠ لتر فى الثانية وأنه لم يتم السيطرة على الموقف الا بعد المحاولة الرابعة وأن تسرب هذه المياه قد يصل الى الميـاه الجوفية ٠

ولا جدال فى أن التقرير النهائى للحادثة ســـيعده المتخصصون فى للاتحاد السوفيتى وفى الوكالة الدولية للطاقة الذرية ٠

حوادث نووية اخرى

أعلن عن اطـلاق ٥٠٠ كيلوجرام (سـحابة) من الغازات المشعة الى الجو فى انجلترا من خلال وحدة القدرة النووية دونجنس فى كنت • وحدثت الحادثة حينمـا قام الفنيون باحلال جزء فى نظام تبريد الغاز لمفاعل مجنوكس ـ ٢ ولقد تم هذا الاطـلاق فى ٣١ مارس ١٩٨٦ ولم يعلن عنه الا فى ٤ مايو من نفس العام(*) • وخلال معالجة حادثة مفاعل جزيرة الثلاثة أميال وبعد سنتين من الحادثة أطلق الى الجو ٤٥ ألف كورى من الكريبتون ـ المشع (غاز) الى الجو • كما أعلن عن حادث نووى آخر عند اجراء تفجير نووى (**) يوم ١٠/٤/١٩٨٦ فى صحراء نيفادا أدى الى تسرب اشعاعات نووية فى المنطقة وترحيل ٥٠٠ مهندس •

ويعلن بمجلة الأخبار النووية والتى تصدر عن الجمعية الأمريكية النووية عن حوادث المحطات النـووية شهريا • وطرق حماية الأفراد منها • ففى الاعلان دروس علميـة يستفاد منها لمواجهة الحوادث مستقبلا • ومما هو جدير

(*) جريدة Observer ٤/٥/١٩٨٦ •

(**) الاهرام ١٦/٥/١٩٨٦ •

بالذكر أن المحطات النووية تطلق مؤادا مشعة بالبيئة خلال
تشغيلها العادى • وفى العادة يتم سحب الغازات المشعة
وكذلك المياه المشعة الى خزانات وتترك بها فترة كافيــة
وذلك لتقليل النشاط الاشعاعى بفعل الزمن ثم تطلق الى
البيئة بمعدلات محسوبه بحيث يكون تأثيرها على الإنسان
والبيئة لأقل ما يمكن • ويتم ذلك من خلال مراقبة الهيئات
المحلية والقومية وبعد موافقتها •

١١ ــ حادثة وحدة الكوبالت المشع

فى بداية الستينات اهتم العلماء بتأثير الاشعاع على المواد ومن بين هؤلاء العلماء الدكتور عدلى بشــاى الاستاذ بالجامعة الأمريـكية بالقاهرة ولهذا فقد تم إسـتيراد وحدة كوبالت مشع من الطاقة الذرية الكندية وكانت قوة المصدر (النشاط الاشعاعى) ١٠٠٠ كورى عند وصول الوحـدة منذ خمسة عشر عاما • وهــذه الوحدة مدرعة بالرصاص الكافى لتوهين الاشــعاع الى مســتوى اشــعاعى منخفض ويسمح بالعمل حوله لفترات تصل الى ثمان ساعات يوميا هذا بالاضافة الى وجود ميقات لتحديد زمن تعرض المواد لأشعة جاما •

ونظرا لتغير الاهتمامات بالجامعة الأمريكيــة بالقاهرة فلقد تركت وحدة الكوبالت المشع فى غرفة كمخزن (*) • ولحاجة جامعة القاهرة لمثل هذا المصدر فقد تمت الموافقة على نقل وحدة الكوبالت الى جامعة القاهرة ولكن بعد ١٥ عاما من وصول المصدر الى الجامعة الأمريكية بالقاهرة .

(*) تكلفة اعادة المصدر الى بلده الاصلى باهظة .

ومن المعلومات السابقة بالكتاب (الفصل السابع) يمكن استنتاج التالى :

١ ـ وحدة الكوبالت ـ ٦٠ عبارة عن وعاء رصاص يحتوى على مجموعة من المصادر المشعة . كل مصدر عبارة عن اسطوانة على شكل ابرة مصنوعة من الكوبلت ـ المشع . ارجع الى شكل (١٣) .

٢ ـ يصدر عن الكوبالت ـ المشع اشعاعات مؤينة . وللكوبالت نظائر عده فهناك كوبالت ـ ٥٧ ويتميز بصغر نصف عمره والكوبالت ـ ٦٠ ويتميز بطول نصف عمره النسبى (٢٦ر٥ سنة) .

٣ ـ يصدر عن الكوبالت ـ ٦٠ شعاعان لكل تحول نووى . وهناك فوتون بطاقة ٣٣ر١ مليون الكترون فولت وهناك فوتون آخر بطاقة ١٧ر١ مليـون الكترون فولت أى أن الطاقة المتولدة لكل تحـــول نووى = ٥ر٢ مليون الكترون فولت .

٤ ـ ثابت جاما للكوبالت ـ ٦٠ = ٢٩ر١ رونتجون لكل ساعة لكل كورى على بعد متر .

وعليه فان معدل التعرض للمصدر عنـــدما استلمته الجامعة الأمريكية بالقـــاهرة (منذ ١٥ عاما) = ١٢٩٠ رونتجون لكل ساعة وهو غير مدرع .

ومعدل التعرض لنفس المصدر عندما استلمته جامعة القاهرة فى عام ١٩٨٦ = $\frac{١}{٨}$ معـــــدل التعرض لنفس المصدر عندما استلمته الجامعة الأمريكية بالقاهرة(١٩٧١) وهو غير مدرع ٠

وهو يساوى $\frac{١}{٨}$ × ١٢٩٠ = ١٦١ر٢٥ رونتجون لكل ساعة على بعد متر ٠

وذلك لأن قوة المصدر تقل الى النصف كل فترة نصف عمر ونظرا لانقضاء ١٥ سنة أى ثلاثة أنصاف أعمار فان قوة المصدر تقل الى الثمن تقريبا ٠

٥ ــ وعليه يكون معدل التعرض على بعد ٥ متر من المصدر وبدون تدريع يبلغ ٤٪ فقط من معدل التعرض على بعد متر تحت نفس الظروف السابقة يبلغ ١٦١ر٢٥ × $\frac{١}{٢٥}$ = ٦ر٤٥ رونتجون لكل ساعة على بعد متر والمصدر غير مدرع بالرصاص ٠

٦ ــ ونظرا لأن المصدر مدرع بالرصاص ٠ ونظرا لأن سمك العشر(*) للكوبالت ــ ٦٠ = ٤ سم من الرصاص ٠

وعليه فان معدل التعرض للوحدة وعلى بعد متر وفى وجود درع من الرصاص :

(*) ارجع الى تعريف سمك العشر فى حاشية الفصل الرابع ٠

= ١٢٥ر١٦ رونتجون لكل ساعة فى وجود ٤ سم رصاص

= ١٦١٢٥ر١ رونتجون لكل ساعة فى وجود ٨ سم رصاص

= ٥ر١٦١ ملى روتنجون لكل ساعة فى وجود ١٢ سم رصاص

= ١٣ر١٦ ملى رونتجون لكل ساعة فى وجود ١٦ سم رصاص

= ٦١١٣ر١ ملى رونتجون لكل ساعة فى وجود ٢٠ سم رصاص

= ١٦١ر٠ ملى رونتجون لكل ساعة فى وجـــود ٢٤ سم رصاص

أى ٥ر١٦١ ميكرو رونتجون لكل ساعة

٧ ـ وعليه يكون معدل التعرض للوحدة على بعـــد ٥ أمتار وفى وجود ٢٠ سم من الرصاص = ٦ ميـــكرو رونتجون لكل ساعة (أقل من معدل التعرض للاشـــعاع الطبيعى) .

٨ ـ هذا ولقد دلت القياسات الاشعاعية على سطح

الوحدة بأن أقصى معدل التعرض = ٥ر٠ ملى روتتجون لكل ساعة ٠

ولتفسير القراءة السابقة تبين أن سمك الرصاص أقل من ٢٥ سم لأن القياسات تمت على مسافة أقل من متر ٠

٩ ـ ولان وحدة الكوبالت على شكل اسطوانى يكون معدل التعرض أقصى ما يمكن بالمنتصف ويقل كلما بعدنا عنه وذلك لأن المسافة التى يجب أن يعبرها شعاع تزيد وعليه يتم تقليل للأشعة الصادرة من المصدر والعابرة الى الأفراد ٠

نقل الوحدة

تم نقل الوحدة دون اتخاذ الاجراءات اللازمة وهى أخذ موافقة وزارة الصحة وهيئة الطاقة الذرية • ويقوم الفنيون بقسم الوقاية بهيئة الطـــاقة الذرية بذلك ولكن تحت اشراف أحـــد أعضاء هيئة التدريس من قسم الوقاية • ووضعت الوحدة باحدى غرف كلية العلوم بالجامعة كما تم وضع علامات ارشادية على باب الغرفة تفيد وجود مصـــدر مشع بها • الا أن هذه العلامات الارشادية كانت من الورق الذى يسهل انتزاعه ولهذا فقدت العلامات •

خرجت وحدة الكوبالت المشع من الغرفة خلال الأسبوع الأول من شهر مايو ١٩٨٦ ٠ وظل المصدر المشع بداخل درعه الواقى ٠ واكتشف وجود الوحدة خارج الغرفة بعد ثلاثة أسابيع ٠

هذا ولقد تم عمل قياسات اشعاعية دلت على أن أقصى معدل تعرض على سطح هذه الوحدة = ٥ر٠ ملى رونتجون لكل ساعة ٠ كما تم عمل حاجز (كردون) حول المصدر نصف قطره ٥ أمتار ٠

هذا ويحتمل تعرض عدة مئات من الطلبة والطالبات لاشعاع هذه الوحدة خلال وجود الوحدة خارج الغرفة ٠

بعد أن قامت لجنة من هيئة الطاقة الذرية ووزارة الصحة وجامعة القاهرة بدراسة الموضوع تقرر نقل وحدة الكوبالت المشع الى هيئة الطاقة الذرية لحين اعداد مكان ملائم لها ٠

لتحديد الضرر الناجم من هذه الحادثة ولأغراض الوقاية من الاشعاع يمكن تصنيف الضرر الى ضرر فردى وضرر جماعى ٠

١ ــ ضرر فردى :

نفترض طالبا كان ملاصقا للوحدة لمدة ٨ ساعات يوميا ولمدة ثلاثة أسابيع عند منتصف الوحــــدة (أقصى تعرض) ٠

يكــون التعـــــرض الكلى = ½ × ٨ × ٣٠ = ١٢ ملى رونتجون هذا مع العلم بأن الفرد العادى يتعرض الى ١٠٠ ملى رونتجون في السنة وعليه تزيد احتمال الاصابة بالسرطان من واحد فى المائة ألف من الاشـعاع الطبيعى الى ١١ فى المليون ٠

٢ ــ ضرر جماعى :

نفترض وجود ألف شخص ملاصقين للوحـــدة لمدة ٨ ساعات يوميا ولمدة ثلاثة أسابيع عند منتصف الوحــدة (أقصى معدل تعرض)

يكون التعرض الكلى لهم جميعا = ١٢ × ١٠٠٠ = ١٢ رجل ــ رونتجون ٠

ومن البيانات سالفة الذكر بخصوص الخطر الاشعاعى بالفصل الأول ٠ واحتمالات الوفاة ٠

١ ـ احتمال وفاة فرد واحد نتيجة ملاصقته للوحدة ٨ ساعات لمدة ٣ أسابيع = $١٢ \times ١٠^{-٣} \times ١٠^{-٤} = ١٢ \times ١٠^{-٧}$

أي واحد في المليون ·

٢ ـ احتمال وفاة فرد واحد من ألف نتيجة ملاصقتهم جميعا للوحدة ٨ ساعات يوميا لمدة ٣ أسابيع (فرض مبالغ فيه لصعوبة تحقيقه)

$$= ١٢ \times ١٠^{-٤} = ١ر٢ \times ١٠^{-٣}$$

أي واحد فى الألف ·

الا أنه بالواقع يقل الاحتمال الى واحد فى المائة ألف لأن زمن التلاصق أقل بكثير من ٨ ساعات يوميا لمدة ثلاثة أسابيع ولأن ١٠٠٠ شخص مثلا لا يمكن أن يكونوا بنفس النقطة فى نفس الوقت · والضرر الذى وقع نتيجة هـذا الحادث هو ضرر نفسى جماعى ·

التعليق

واذا كان لى تعليق على حادثة وحدة الكوبالت ـ المشع التى تمت بجامعة القاهرة فهو الآتى :

١ ـ كان يجب على الجامعة الأمريكية بالقاهرة التخطيط السليم بشأن كيفية التخلص من المصــــدر المشع قبــل استيراده من خمسة عشر عاما ٠

٢ ـ كان يجب الاتصال بوزارة الصحة وهيئة الطاقة الذرية وترتيب اجراءات نقــل المصدر وأخذ الموافقــات الرسمية ٠

٣ ـ كان يجب على جامعة القاهرة اعداد المكان الملائم لتشغيل وحدة الكوبالت المشع وليس المكان الملائم لتخزين الوحدة ٠

٤ ـ كان يجب التـــأكد يوميا من وجـــود اشارة الاشعاعات المؤينة بالغرفة والتأكد من أن وحدة الكوبالت المشع بها ٠ وهذه من واجبات أمن الكلية ٠

٥ ـ الضرر (كما اتضح من الحسابات الأولية) للفرد لا تزيد عن الواحد فى المليون أى $\frac{١}{١٠}$ من الضرر الناجم عن الاشعاع الطبيعى ٠

٦ ـ الضرر على الأفراد يزيد بزيادة عددهم ـ وعلينا أن نتجنب التجمهر في حالات الاشعاع كما هو الحال في حالات أخرى كالحريق مثلا .

٧ ـ الضرر الذي وقع هو ضرر نفسي ـ أصاب الطلبة خلال فترة امتحانهم وكان يمكن تجنبه ، باتخاذ الاجراءات السليمة من قبل ادارة الجامعة .

٨ ـ كما وقع ضرر نفسي على الأفراد من قبل رجال الاعلام وذلك لاستخدام لفظ ـ قنبلة الكوبالت ـ وهو لفظ خاطىء علميا . لأن القنبلة تنفجر أما الوحدة الخاصة بالحادث فهي لا تنفجر . الا أنه في حالة الحروب ـ يوجد ما يعرف بقنبلة الكوبالت حيث تتكون من الكوبالت المشع في صورة مسحوق بقلب القنبلة وهذا المسحوق مشع وعند انفجار القنبلة ينتشر في الهواء والماء والمواد الغذائية مسببا تلوث داخلي وتلوث خارجي وتعرض اشعاعي هائل . حتى القنابل الكوبالتية المشعة يوجد قواعد واجراءات خاصة بها :

١ ـ لعبور منطقة التلوث وذلك باستخدام الملابس الواقية والأقنعة الواقية ويفضل أن يتم ذلك بواسطة المدرعات .

٢ ـ ازالة تلوث منطقة التلوث وتتطلب زمنا طويلا لتقليل كمية الاشعاعات بالمنطقة أو تقليب الأرض كما سبق ذكره مع استخدام مواد كيميائية خاصة .

وفى الختام فان استخدام الاشعاعات المؤينة له فوائد عديدة وعلى سبيل المثال لا الحصر علاج الأورام السرطانية وتشخيص الأمراض المختلفة والكشف عن عيوب المـواد وتعقيم المواد الطبية وحفظ الأغذية ومتابعـــة العمليـات الكيميائية والكشف عن البترول والماء وكذلك فى مجالات أخرى منها الدراسات والبحوث العلمية ٠

ولا يمكن تجنب هذه الاشعاعات المؤينة لأنها موجودة بالطبيعة فى الهواء والماء والمواد الغــذائية ولكن بكميات متناهية فى الصغر وتصل الينا من الأشعة الكونية كما تنطلق من التليفزيون وأجهزة العرض وتوجد فى بعض المجوهرات وحتى فى زجاج العدسات ٠ كما أننا نتعرض لجرعات اشعاعية زائدة عند السفر بالطائرات وذلك لزيادة كمية الاشعاعات المؤينة مع الارتفاع عن سطح البحر ٠

ومع استخدام الاشعاعات المؤينة تقع حوادث ومن خلال تفهم الحادثة نتجنب حوادث مثلها ٠ والحوادث تقع بالدول المتقدمة والدول النامية أيضا ٠

وكما ذكر د٠ جابر حسيب (*) أن حادثة ممـــاثلة

(*) الأهرام فى ١٩٨٦/٦/٤ ٠

وقعت فى المكسيك عام ١٩٨٣ عندما بيعت وحدة كوبالت مشع الى تاجر خردة وأدت الى تعرض ٢٨ فرد فى المكسيك لجرعات تتراوح بين ١٠٠ و ٣٠٠ ريم وأرجعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية هذه الحادثة الى عدم تنفيذ تشريعات الوقاية من الاشعاع بالمكسيك بالكفاءة المطلوبة .

الجديد في مجال انفجار مفاعل تشرنوبل

بعد أكثر من سبعة شـــهور على انفجـار مفاعل تشرنوبل ــ اتضح أن السبب الرئيسى لهذا الانفجار هو خطأ بشرى ولقد سبب هذا الحادث نكسة للصناعة النووية العالمية وكذلك تأجيل مرة أخرى للبرنامج النووى المصرى مع اعادة دراسته مرة أخرى على ضوء ما حدث فى مفاعل تشرنوبل • وكما سبق ذكره فان البرنامج المصرى يتضمن بناء ثمان محطات قدرة نووية لتوليد الكهرباء قدرة كل منها ألف ميجا وات •

هذا ولقد دلت القياسات الاشعاعية على أن السحابة الاشعاعية لا تعرف الحدود الجغرافية بين الدول • ويمكن اعتبـــار هـــذه الحادثة بمثابة تفجـــير نووى بالقرب من سطح الأرض ثم فى منطقة آهلة بالسكان • ومن حسن الطالع (١) أن هذا الانفجار تم بعد منتصف الليل ومعظم السكان داخل منازلهم وكذلك انتشار السحابة الاشعاعية بقوة ضغط الانفجار رأســـيا الى أعلى وانتشرت السحابة

---

(١) د• محمد أحمد جمعة ، البعد الرابع لانفجار مفاعل تشيرنوبل ــ الشرق الأوسط ــ ١٩٨٦/١٢/٥ •

الاشعاعية بواسطة الرياح الى معظم الدول الأوربية وتساقط الغبار الذرى على الأراضي الزراعية كما هو الحال مع الأتربة أو بفعل المطر ·

ووصل الاشعاع النووى الى الانسان في أوربا عن طريق :

(أ) التعرض الخارجي ·

(ب) عن طريق تناول الطعام أو الاستنشاق ـ التعرض الخارجي ·

وبالنسبة الى منطقة الشرق الأوسط فقد يصل الينا الاشعاع عن طريق الطعام المستورد ·

ولقد تم تشكيل لجان للكشف على سلامة البضائع والمواد الغذائية الواردة الى منافذ دول الشرق الأوسط وذلك للتأكد من سلامتها وعدم تلوثها بالاشعاع الناتج عن حادث المفاعل السوفياتي وذلك للحفاظ على صحة المواطنين · ويتم ذلك على مرحلتين :

المرحلة الأولى : الكشف السريع على جميع المواد الغذائية بواسطة أجهزة كشف الاشعاع المتنقلة ·

المرحلة الثانية : عندما يكتشف الفريق الأول ارتفاع فى المستوى الاشعاعى لبعض العينات تنقل هذه العينات الى معامل المركز النووى لبحوث وتكنولوجيا الاشعاع بمصر

ومعامل كليـــة الهندســة جامعة الملك عبد العزيز فى السعودية وذلك لاجراء التحليل الدقيق لتحديد العناصر المشعة ونسبة كل عنصر بالعينة ٠

هذا ولقد تم ضبط العديد من المواد المشعة الملوثه اشعاعيا الواردة الى مداخل بعض دول الشرق الأوســط وتم اعادة هذه المواد الغذائية الى مصادرها ولم يسمح لها بدخول هذه الدول ٠

ومن خلال تجميع القياسات الاشــعاعية التى تمت داخل الاتحاد السوفياتى وخــارجه فى أوربــا وأمريكا واليابان اتضح أن المادة المشيعة التى أطلقت فى اليوم الأول للانفجــار وصــلت الى ١٢ ميجــا كورى انخفضت الى ٢ ميجا كورى فى اليــوم الرابع والخامس ثم ارتفعت مـرة أخرى الى ٧ ميجا كورى فى اليوم الثامن والتاسع بعـد الانفجار ٠٠ ويرجع السبب فى زيادة الانبعاث الاشعاعى الى المحاولة التى تمت لتغطية قلب المفاعل عن طـريق قذف مــواد منها الرمــل والطين المبلل والخرسانة والبـورك والرصاص بواسطة الطيران العمودى وقد تمت السيطرة على درجة الحرارة داخل المفاعل بواسطة حقن قلب المفاعل بالنيتروجين السائل (ــ ١٤٦ درجة مئوية) ٠

ومن أهم العناصر التى أطلقت من قبل المفاعل عنصر السيزيوم ــ ١٣٧

وتقدر كمية المواد المشعة التى أطلقت من السيزيوم من قلب المفاعل السوفيـاتى مليون كورى أى حـوالى ٤ × ١٠^١٦ بكريل أى ٤٠ ألف مليـون مليـون بكرل (والبكرل كما سبق ذكره فى الفصول السابقة هى وحدة النشاط الاشعاعى ويمثل واحد تحول نووى لكل ثانية) .

ويتميز السيزيوم المشع بأنه يتحول الى باريـوم متهيج والأخير يتحول الى عنصر باريوم مستقر مع انبعاث فوتونات بطاقة ٦٦٠ كيلو الكترون فولت .

ومن خلال دراسة تأثير السيزيوم المشع على الانسان تم الاتفاق بين دول السوق الأوربية المشتركة على أن يكون حد السماح بدخول المواد الغذائية على النحو التالى :

١ ـ اللحـم والمواد الغذائيـة ماعـدا اللبن : حد النشاط الاشعاعى لكل كيلو جرام .

٦٠٠ بكريل لكل كيلو جرام

٢ ـ اللبن : ٣٧٠ بكريل لكل لتر

وكذلك غذاء الأطفال

وتقوم معظم دول الشرق الأوسط بتطبيق توصـيات السوق الأوربية المشتركة .

وختاما فان من فوائد حادثة انفجار مفاعل تشرنوبل اهتمام الدول بشراء أجهزة قياس الاشعاع بالبيئة وتدريب الكوادر على استعمال هذه الأجهزة الفائقة الحساسـية

ووضع لوائح وتوصيات بشأن السماح للمواد الغذائية التى قد تحتوى على مواد مشعة بدخول المدائن . وبالنسبة الى بعض الدول العربية فقد تشكل مركز رصد اشعاعى بين مصر وسوريا والعراق والسعودية والاردن يهدف الى عمل شبكة رصد اشعاعى فى كل دولة من هذه الدول ومن ثم تعمل على تبادل المعلومات والخبرات فى هذا المجال .

ولايزال الانسان يتعلم من أخطائه ويستفيد والله الموفق .

القاهرة ١٩٨٧/١/١٤

المراجع العربية

١ ـ د. محمد أحمد جمعة وصلاح مصطفى ـ الاشعاع الذرى ـ دليل وطرق الوقاية ـ دار الراتب ـ لبنان ـ ١٩٨٤ .

٢ ـ د. محمد أحمد جمعة ـ تلوث البيئة والاشعاع والأمان ـ مكتبة الخريجي ـ الرياض ـ ١٩٨٥ .

٣ ـ أسس السلامة للحماية من الاشعاع ـ منشورات الوكالة الدولية للطاقة الذرية ـ سلسلة السلامة رقم ٩ ـ الوكالة الدولية للطاقة الذرية ـ مترجم الى العربي ـ هيئة الطاقة الذرية . مصر .

٤ ـ اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٥٩ لسنة ١٩٦٠ والخاص بتنظيم استخدام الاشعاعات المؤينة بجمهورية مصر العربية .

٥ ـ د . خضر عبد العباس حمزة ـ الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية ـ منشورات لجنة الطاقة الذرية العراقية بغداد ـ ١٩٧٦ .

٦ ـ د ٠ عدنان مصطفى ـ الطاقة النــووية العربية ـ عامل بناء جديد ـ مركز دراسات الوحدة العربية ـ لبنان ١٩٨٣ ٠

٧ ـ الدكتور اسماعيل بسيونى هزاع ـ قصة الذرة المكتبة الثقافية العدد ٢١ ـ ١٩٦٠ ـ مصر ٠

٨ ـ الدكتور محمد يوسف الشواربى ـ الذرة فى خدمة الزراعة ـ المكتبة الثقافية العدد ٣٦ ـ ١٩٦١ ـ مصر

٩ ـ د ٠ محمد أحمـــد جمعة ـ ندوة بقسـم الكيمياء النووية ـ هيئة الطاقة الذرية عن حـادثة مفاعل جزيرة الثلاثة أميال ـ مارس ١٩٨٠ ٠

١٠ ـ د٠ محمد أحمد جمعة ـ الحواجز الواقية للنيترونات ـ رسالة العلم ٣٧ ، ١٣٧ ، ١٩٧٠ ٠

١١ ـ د ٠ محمد أحمد جمعة ـ تدريس الفيزياء الصحية بالجامعـات ـ المؤتمـــر العربى لتدريس الفيزياء بالجامعات ـ ديسمبر ١٩٨٢ ـ القـــاهرة أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا ٠

المراجع الأجنبية

1. F.H. Attix, W. C. Roesch, Radiation Dosimetry. Academic Press, 1968.

2. J. Sharpe, Nuclear Radiation Detectors John Wiley, 1964.

3. S. Glasstone and A. Sesonki, Nuclear Reactor Engineering, Van Nostrand Reinhold company. 1967.

4. S. Glasstone and W. H. Jordan, Nuclear Power and its environmental effects, American Nuclear Society, 1982.

5. Safety series No 55.
Planning for off-site Response to Radiation Accidents in Nuclear Facilities, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1981.

6. Safety series No. 57, Generic Models and parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuchides from Routine Releases, International Atomic Enery Agency, Vienna, 1982.

7. A. Klimov Nuclear Physics and Nuclear Reactors; Mir Publishers, Moscow, translated to English, 1975.

8. Constitution of International Radiation Physics Society, 1986.

9. R. F. Mould, Radiation Protection in Hospitals, Adam Hilger Ltr., 1985.

الفهرس

الموضوع	الصفحة
تركيز المواد المشعة فى الماء	٣٤
تفاعل الاشعاع مع المواد	٣٧
الاشعاع الموجى	٣٨
الاشعاع الموجى المؤين	٤٠
تفاعل الاشعاع الجسيمى مع المواد	٤٥
أشعة ألفا	٤٦
أشعة بيتا	٤٧
البروتونات	٤٨
الجسيمات المنشطرة	٥٠
تفاعل النيترونات مع المواد	٥١
تفاعل الاشعاع مع الخلايا	٥٣
الكواشف الاشعاعية	٥٥
الوقاية من الاشعاع	٥٩
أشعة ألفا	٦٠
أشعة بيتا	٦٢
أشعة اكس	٦٣
أشعة جاما	٦٦
النيترونات	٦٨
وحدة التعرض الاشعاعى ــ الرونتجون	٧٠
معدل التعرض الاشعاع ــ رونتجون لكل ساعة	٧١

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٩٨٧/٤٥٣٧

ISBN ـ ٩٧٧ ـ ٠١ ـ ١٢٤ ـ ٣

٥٠ قرشـا